90

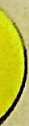
भारतीय
ज्ञानपीठ
प्रकाशन

शशिरंजन पाण्डेय,
एम. एस-सी

कम्प्यूटिंग

बर्नर्ड शॉ सच ही विचार-जगत् के विदूषक थे। न होते तो रसेल का मुँह बन्द करने के लिए क्योंकर कह सकते कि मनुष्य के सृजन के बाद आगे का कार्यभार उसे ही सौंप दिया गया। कितना भी कोई इस बात से भड़के या उलझें, इतना तो प्रत्यक्ष भी है कि मनुष्य न होता तो कैसे इतिहास और ज्ञान-विज्ञान सामने आते और क्योंकर 'महामानव' और 'महामस्तिष्क' जैसी कल्पनाएँ साकार हो पातीं।

ठीक है, पहले का जीवन सरल था, मनुष्य की आवश्यकताएँ सीधी-सादी और इनी-गिनी थीं, और उस सबके अनुरूप ही उसके साधन थे, उपकरण थे। मगर ज्यों-ज्यों उसकी आँखें खुलीं: जीवन जटिल हुआ: आवश्यकताओं ने उलझाया: मस्तिष्क उत्तरोत्तर सक्रिय हुआ: नये से नये साधन-उपकरण सिरजे गये। और द्वितीय महायुद्ध की भट्टी में पड़ने पर अन्त को एक दिन यह महायन्त्र 'महामस्तिष्क' भी रूप-आकार ले उठा और अपनी भाषा में बोलता-बतियाता जटिल से जटिल गुत्थियों को पलक झपकाते सुलझाने लगा।

क्या है यह 'महामस्तिष्क', यह 'कॅम्प्यूटर'; कैसे-कैसे इसकी परिकल्पना की गयी, फिर किस प्रकार इसका निर्माण और सृजन हुआ; और किन-किन विलक्षण उपयोगों तक में इसे लिया जाता है— ऐसे अनगिनत प्रश्न हैं जिनका समुचित और प्रामाणिक उत्तर यह लघुकाय पुस्तक प्रस्तुत करेगी। सामान्य पाठक की एक बड़ी आवश्यकता का समाधान, ज्ञानार्थियों के लिए अनिवार्य: हिन्दी में एकमात्र पुस्तक।

कॅम्प्यूटिंग

*

लेखक

शशिरंजन पाण्डेय

एम. एस-सी.

भौतिकी विभाग

टेक्सास विश्वविद्यालय, ऑस्टिन (अमेरिका)

सम्पादक

महेश त्रिवेदी

माधव सक्सेना 'अरविन्द'

भारतीय ज्ञानपीठ प्रकाशन

लोकोदय ग्रन्थमाला : ग्रन्थांक ३८३
सम्पादक एवं नियोजक :
लक्ष्मीचन्द्र जैन
जगदीश

Lokodaya Series : Title No. 383
COMPUTING
(*Science*)
SHASHIRANJAN PANDEY
First Edition 1975
Price : 8/-

B/45-47 Connaught Place
NEW DELHI-110001

कॅम्प्यूटिंग

प्रकाशक
भारतीय ज्ञानपीठ
बी/४५-४७ कॅनॉट प्लेस, नयी दिल्ली–११०००१
प्रथम संस्करण . १९७५
मूल्य : ८/-

मुद्रक
सन्मति मुद्रणालय
दुर्गाकुण्ड मार्ग, वाराणसी–२,२१,००५

योजना
मोनोग्राफ प्रकाशन समिति (हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद्)
डॉ० देवकीनन्दन (संयोजक), ललितचन्द्र चन्दोला, महेश त्रिवेदी, माधव सक्सेना 'अरविन्द'

हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद्
सूचना प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र, बम्बई-४०००८५

कॅम्प्यूटिङ्ग

अनुक्रम

प्राक्कथन

हमारी गणितीय और तर्क की अनेक समस्याओं को शीघ्रता और शुद्धता से हल करने के लिए मानव की विलक्षण खोजों का एक सुफल 'कॅम्प्यूटर' के रूप में आज हमें उपलब्ध है। यद्यपि भारत में अभी कॅम्प्यूटर की उपयोगिता सम्बन्धी जागरूकता सीमित है; पर वह दिन दूर नहीं जब यहाँ भी कॅम्प्यूटर पाश्चात्य देशों की तरह जीवन की एक अभिन्न आवश्यकता बन जायेगा।

प्रस्तुत मोनोग्राफ़ में कॅम्प्यूटर के इतिहास से लेकर बनावट, कार्य-प्रणाली, क्षमता और सीमाओं सम्बन्धी पहलुओं पर सरल और रोचक भाषा में प्रकाश डाला गया है। साथ ही इसमें वैज्ञानिक, इंजीनियरी तथा अनेक अन्य समस्याओं को सुलझाने के लिए प्रयुक्त होनेवाली कॅम्प्यूटिंग भाषा FORTRAN (फ़ॉर्मूला ट्रान्सलेशन) में प्रोग्रैमिंग के सिद्धान्त भी सरल भाषा में समझाये गये हैं। कॅम्प्यूटर के विभिन्न क्षेत्रों में सम्भाव्य उपयोगों और भारत में कार्यरत कॅम्प्यूटरों सम्बन्धी जानकारी से भरपूर होने के कारण प्रस्तुत मोनोग्राफ़ सामान्य जिज्ञासु पाठक के लिए भी उपयोगी सिद्ध होगा।

इस मोनोग्राफ़ के लेखक श्री शशिरंजन पाण्डेय को कॅम्प्यूटर के उपयोग का काफ़ी अनुभव है। जटिल न्यूक्लीय मॉडल गणनाओं के लिए भी वे इसका प्रयोग कर चुके हैं। सम्प्रति वे टेक्सास विश्वविद्यालय, अमेरिका में शोध-कार्य कर रहे हैं।

हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद्, बम्बई की मोनोग्राफ़ योजना के अन्तर्गत छपा यह दूसरा मोनोग्राफ़ भी प्रथम मोनोग्राफ़ 'परमाणु सिद्धान्त'

(लेखक डॉ. परमेश्वरन) की तरह हिन्दी विज्ञान साहित्य को सम्पन्न करने में सराहनीय योग देगा और लोकप्रियता प्राप्त करेगा, ऐसा हमारा विश्वास है। इस शृंखला के अन्य मोनोग्राफ़ भी पाठकों तक यथाशीघ्र पहुँचें, इसका प्रयत्न है।

सुप्रतिष्ठित प्रकाशन संस्था भारतीय ज्ञानपीठ को उसके प्रोत्साहन, सहयोग और तत्परता के लिए हम हृदय से धन्यवाद देते हैं।

—डॉ. वें. अ. कामथ
अध्यक्ष, हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद्; बम्बई–८५

1

कॅम्प्यूटर का इतिहास

□

कटी, कुचली गयी, पीसी,
छनी, भीगी, गुँथी मेंहदी।
जब इतने दुख सहे तब,
उनके क़दमों से लगी मेंहदी।

कॅम्प्यूटर का इतिहास

इतिहास का एक बड़ा ही अजीब तथ्य है कि युद्ध के आसपास ही मानवीय क्षमता में विकास ज्यादा होता है : युद्ध के प्रभाव में कई यन्त्रों, उपकरणों की प्रगति तीव्र हो उठती है। आज का स्वचालित कॅम्प्यूटर भी द्वितीय विश्वयुद्ध के दौरान प्राप्त किये गये तकनीकी अनुभव की देन है। पर आज कॅम्प्यूटर जिस रूप में है, उस रूप तक आने में उसने कई छोटे और पूर्वरूप गणकों की एक उत्तरोत्तर विकसित होनेवाली शृंखला पार की है। पहले-पहल यान्त्रिक गणक बनाने में प्रेरणा यही रही कि हस्त-गणना की अशुद्धियाँ दूर हों; समय की बचत हो, और बचे समय को अन्य रचनात्मक कार्यों में लगाया जा सके। 1940 के आसपास एक नयी प्रेरणा उभरी कि हमारे पास ऐसी मशीनें होनी चाहिए जो गणितीय और तार्किक क्रियाओं को इतनी शीघ्रता, शुद्धता और स्वचालित ढंग से करें कि अब तक सरल न की जा सकनेवाली लम्बी-लम्बी असम्भव गणनाओं को भी हम सरल कर सकने में सफल हों।

छड़, पत्थर और छाया

आदिम युग में मनुष्य को गणित की बहुत कम आवश्यकता थी। उसका गणित सीमित था—ज्यादा से ज्यादा उसे कुछ चीज़ों को गिनने-भर की ज़रूरत पड़ती थी; जैसे कि क़बीले में कितने लोग हैं, घर में कितने बच्चे हैं। झुण्ड में कितनी गायें हैं, आदि। इस गिनने की क्रिया में मानव अँगुलियों का आश्रय लेता था। जब गिननेवाली चीज़ों की संख्या हाथ और पैर की अँगुलियों की सीमा से ज्यादा हो गयी तो उसने कुछ

दूसरी विधियों का सहारा लिया। गिनने में सहायता लेने के लिए छड़ों व पत्थरों का प्रयोग किया या गुफा और बालू में लाइनें खींचकर काम चलाया। जोड़ना हुआ तो एक लाइन और खींच दी; घटाना हुआ तो एक निशान मिटा दिया। मज़े की बात तो यह है कि आधुनिक कॅम्प्यूटर भी इसी पुरातन सरल पद्धति पर काम करता है। गुफा के स्थान पर इसके पास तारों की जाली में टिके चुम्बकीय पदार्थ के मूँगे हैं। गुफा पर रेखा खींचने के स्थान पर अब इन मूँगों को चुम्बकित किया जाता है। रेखा मिटाने के लिए चुम्वकीकरण की दिशा बदल दी जाती है।

पुराने समय में चीज़ों को 'गिनना' ही मात्र प्रचलित नहीं था—उन्हें 'मापने' की भी आवश्यकता होती थी। समय ज्ञात करने के लिए पेड़ की छाया को मापना एक बहुत पुरानी पद्धति है। सूर्यघड़ियाँ उसी की प्रेरणा का परिणाम हैं। मापने में हम किसी न किसी सहायक वस्तु का सहारा लेते हैं। जैसे नापना तो समय है पर हम सहायता लेते हैं छाया की लम्बाई से और अब अपनी घड़ियों में सुई के चक्र से। थर्मामीटर भी समानता पर काम करनेवाला यन्त्र है। पारे की लम्बाई से हम शरीर का तापक्रम मालूम कर लेते हैं। आज के जो दो प्रकार के कॅम्प्यूटर हैं, वे इन्हीं गिनने और मापने की पुरानी दो विधियों जैसे ही हैं। डिजिटल कॅम्प्यूटर में डिजिट अर्थात् संख्याओं का सहारा लिया जाता है और गिनने की प्रक्रिया की जाती है; ऐनालॉग कॅम्प्यूटर में किसी ऐनालॉग यानी समानता का सहारा लिया जाता है और मापने की विधि पूर्ण की जाती है।

ऐबैकस, स्लाइड रूल (1630), पास्कल की मशीन (1642)

गणना करने में मनुष्य द्वारा प्रयुक्त होनेवाला पहला यन्त्र चीनी ऐबैकस (सुआन पेन) था। अब भी कभी-कभी बच्चों को गिनती सिखाने में इसका प्रयोग होता है। इस यन्त्र में लकड़ी या धातु के फ्रेम में तारों पर ऊपर-नीचे खिसकनेवाली गोलियाँ लगी होती हैं। पूरा फ्रेम दो भागों में बँटा रहता है। ऊपरी छोटे भाग में दो, और निचले अपेक्षाकृत बड़े भाग में हर

तार पर पाँच गोलियाँ रहती हैं।

पुरातन काल में गोलियों को ऊपर-नीचे खिसकाकर व्यापारी लोग इन्हीं से जोड़, बाक़ी, गुणा, भाग करते थे। आज भी कोई-कोई कुशल प्रयोगकर्ता बहुत ही फुरती से एक पतली छड़ी की सहायता से इन गोलियों को खिसकाकर मेज़वाली साधारण कैलकुलेटिंग मशीन को मात करनेवाली गति से गणनाएँ कर लेता है।

ऐबैकस में हर गोली को एक ही माना जाता था; चाहे वह छोटी हो या बड़ी। 1614 में लॉगेरिथ्म का आविष्कार हो जाने से 1630 में एक और गणक का आविष्कार हुआ जिसे 'स्लाइड रूल' कहते हैं। इसमें एक पैमाने के सहारे दूसरा पैमाना खिसकता (स्लाइड होता) है। संख्याओं को 'लॉग' पैमाने पर दूरियों में प्रदर्शित किया जाता है। लॉग पैमाने के कारण इसका आकार छोटा हो जाता है। दो संख्याओं को गुणा करने के लिए दूरियों को जोड़ना भर होता है। 'स्लाइड रूल' इस तरह एक 'ऐनालॉग मशीन' है, क्योंकि संख्याओं का गणित तो हम करते हैं पर समानता और सहायता दूरियों की लेते हैं। पैमाने पर दूरियों को जोड़ते हैं। यहाँ गिनना कुछ नहीं होता है। कॅम्प्यूटर का इतिहास बताते समय हमने सिर्फ़ एक इसी ऐनालॉग मशीन का वर्णन किया है क्योंकि इस यन्त्र ने वस्तुतः गुणा-भाग की क्रिया को विकसित और तेज़ कर दिया था। साधारणतया कॅम्प्यूटर शब्द का अर्थ डिजिटल कॅम्प्यूटर ही लिया जाता है।

इन प्रारम्भिक उपकरणों के विपरीत 1642 में वैज्ञानिक पास्कल ने विश्व का पहला पहियोंवाला यान्त्रिक गणक बनाया। इस यन्त्र में लकड़ी के एक आधार पर एक दूसरे से सटे कई पहिये होते थे, जिनको हाथ से घुमाया जा सकता था और पहियों के चक्करों को पहियों के ही सामने संख्या रूप में रिकॉर्ड किया जा सकता था। ये पहिये दायीं ओर से क्रमशः इकाई, दहाई इत्यादि स्थानों को सूचित करते थे। मान लीजिए, आपको 12 और 15 को जोड़ना है; पहले संख्या 12 को मशीन में प्रवेश कराइए यानी दहाई और इकाई के पहियों को 1 और 2 बार घुमाइए। 15 को

इस राशि में जोड़ने के लिए अब इकाई के पहिये को 5 बार और दहाई के पहिये को एक बार और घुमाइए। इकाई में रिकॉर्ड हुए चक्कर 7, और दहाई में 2। योग पढ़ा गया 27। पहियों को इस तरह गियर किया जाता है कि हासिल की संख्या अगले पहिये में अपने आप चली जाये।

स्वप्नशील बैबेज चार्ल्स

कभी-कभी इतिहास भटक भी जाता है और चीज़ें अपने स्वाभाविक कालक्रम से बहुत पहले हो जाती हैं। हैलीकॉप्टर बनने से बहुत पहले लियोनार्डो दी विन्सी ने उनका प्रारूप बना लिया था। कॅम्प्यूटर के क्षेत्र में चार्ल्स बैबेज ऐसा ही समय से पूर्व पैदा होनेवाला कार्यकर्ता था। डेबोनशायर में 1792 में बैंकर के घर में जन्म लेनेवाले इस युवक ने आज के कॅम्प्यूटर के सभी प्रमुख-प्रमुख भाग सोच लिये थे। सम्पूर्ण गणना के लिए स्वतः ही मशीन विभिन्न चरणों में गणना कैसे करे इसके विषय में भी उसने तभी समझ लिया था।

बैबेज के समय इंग्लैण्ड में गणित क्रियाएँ बहुत कम होती थीं। एकाउण्ट ग़लत होते थे। गणितीय सारणियाँ अशुद्धियों से भरी हुई थीं। बैबेज ने इन सब ग़लतियों को यान्त्रिक गणना करके सुधारने का प्रयत्न किया।

1642 में पास्कल द्वारा निर्मित गणक उस समय उपलब्ध था। पर उसकी गति धीमी थी। तेज़ मशीन बनाने के लिए बैबेज ने 'डिफरेंस मशीन' का विचार प्रयोग में ढालने का प्रयास किया। यह यन्त्र 1882 में बना और $अ^2 + 2अ + 63$ जैसे पॉलीनोमियल की गणना करने के लिए मुख्यतः निर्मित किया गया था। यह यन्त्र गरारी और उत्तोलक का सम्मिलन था और दशमलव के 6 स्थानों तक शुद्ध मान देता था। इस सफलता से प्रेरित होकर बैबेज ने दशमलव के 20 स्थान तक शुद्ध मान देनेवाली मशीन के निर्माण का निश्चय किया। ब्रिटिश सरकार से उसे 17,000 पौण्ड का अनुदान भी मिला (यन्त्र के सैनिक महत्त्व के

कारण) पर उस समय तकनीकी विकास उतना नहीं था अतः यह यन्त्र अधूरा रह गया। तभी उसने 'ऐंनेलिटिकल मशीन' बनाने का निर्णय लिया जो हर तरह की गणना कर सके। उसने अपनी कल्पना को काग़ज़ पर उतारा। यह यन्त्र आज के कॅम्प्यूटर की तरह ही था, गरारी और लीवर की भाप-शक्ति से चलनेवाला। स्मृति खण्ड पटियों का बना था। 50 अंकों की संख्या का प्रयोग सम्भव था और उत्तर छपा-छपाया मिलता था। पंच किये कार्डों से मशीन का नियन्त्रण होना था, यह एक सुन्दर विचार था। पर समय से पहले जनमा था। अपनी पूर्ण प्रतिभा और अपना सारा रुपया लगाकर भी बैबेज अगली शताब्दी में होनेवाले तकनीकी विकास को भला कैसे पाता। अपने सपनों को साथ लिये ही 1871 में लन्दन में बैबेज की मृत्यु हो गयी। उसका कथन था—मेरे उदाहरण के बावजूद भी अगर कोई ऐसा यन्त्र बना सकेगा जिसमें एक पूर्ण गणितीय विभाग की कार्य-कुशलता होगी तो मैं उसको अपनी ख्याति अर्पित करता हूँ। वही मेरे प्रयत्नों और उससे प्राप्त होनेवाले परिणामों का अर्थ समझ सकेगा।

इधर 1854 के आसपास कई तरह के विकास हुए। 1854 में गणितज्ञ जार्ज बूले ने तर्कक्रियाओं को गणितीय ढंग से प्रकट करने की विधि निकाली। संकेतों और कुछ नियमों का उपयोग कर किसी भी कथन की सत्यता मालूम की जा सकती थी। पर इस वैज्ञानिक की विधि को उस शताब्दी में प्रायोगिक रूप न मिल सका।

हरमन हॉलेरिथ ने 1880–1890 के बीच आधुनिक मशीनों में प्रयुक्त होनेवाले कार्डों का निर्माण किया। इन कार्डों से मशीन सूचनाएँ पढ़ सकती थी। 1890 में हॉलेरिथ ने इन कार्डों का उपयोग जनगणना के लिए किया।

क्लोडे शेनोन ने 1938 में बूलीयिन गणित को इलेक्ट्रॉनिकी यन्त्रों के स्विचिंग नैट वर्क में प्रयोग किया। इन सब विकसित तकनीकों के आधार पर ही भविष्य में आधुनिक कॅम्प्यूटर का बनना सम्भव हुआ।

बैबेज के ऐतिहासिक प्रयत्नों के पीछे सैनिक प्रेरणा थी। सैनिक प्रेरणा से ही एम. आई. टी. के वैनीर बुश ने तोप से छूटनेवाले गोले का पथ निर्धारित करने के लिए गणना करनेवाली ऐनालॉग मशीन पर कार्य किया था। समानता इसमें गियर के कोण की ली गयी थी। यह पहला ऐनालॉग कॅम्प्यूटर था। गति में धीमा था; फिर भी मानव गणना-शक्ति से 100 गुना तेज था।

1930 में वैनीर बुश मैसाचुसेट्स के तकनीकी इन्स्टीट्यूट में ऐनालॉग मशीन पर काम करने में व्यस्त था। वहाँ से कुछ मीलों की दूरी पर हॉर्वर्ड विश्वविद्यालय के हावर्ड एकेन को अपने शोध-प्रबन्ध की लम्बी गणनाओं से बड़ी खीज पैदा हो रही थी। अपनी गणनाओं की द्रुत प्रगति के लिए उसने गणना करनेवाले छोटे-छोटे कई डिजिटल गणक बनाने आरम्भ कर दिये। उसने पाया कि उसकी मशीनों में और सौ वर्ष पूर्व चार्ल्स बैबेज की संकल्पित मशीनों में काफ़ी समानता है। चार्ल्स बैबेज की अपेक्षा एकेन भाग्यशाली था, क्योंकि उस समय तक यान्त्रिक जानकारी काफ़ी बढ़ गयी थी और साथ ही बिजली का आविष्कार भी हो गया था। उसने अनुभव किया कि बैबेज के अन्तिम प्रेरणा-वाक्य जैसे उसी के लिए हैं, और बैबेज की सम्पूर्ण परम्परा का उत्तराधिकारी वही है।

1939 में बड़े डिजिटल कॅम्प्यूटर बनाने का काम I. B. M. के सहयोग से प्रारम्भ हुआ। बैबेज कितना खुश होता अगर वह 1943 में उपस्थित होता; जब इस पहले मार्क-1 नाम के डिजिटल कॅम्प्यूटर के रूप को हार्वर्ड में प्रदर्शित किया गया। इस कॅम्प्यूटर से गणितीय और तार्किक कथनों की लम्बी-लम्बी शृंखलाएँ सरल की जा सकती थीं। इस कॅम्प्यूटर में सूचना देने, उसे संग्रह करने और नियन्त्रित कर गणना करने एवं उत्तर प्रदान करने का प्रबन्ध था। हाँ, उसकी गति अपेक्षाकृत कम थी क्योंकि इसमें बहुत सारी धीमी गतिवाली विद्युत् चुम्बकीय इकाइयों का प्रयोग किया गया था। इसी के समानान्तर किन्तु स्वतन्त्र रूप से 'बेल'

प्रयोगशाला में जार्ज स्टिविज ने एक कॅम्प्यूटर बनाया। दोनों ही व्यक्तियों ने कॅम्प्यूटर को अन्तःनियन्त्रित कर स्वचालित रूप दिया था। दोनों ही कॅम्प्यूटर गणना करते समय निर्णय लेने में सक्षम थे और मनुष्य की सहायता के बिना कई-कई दिनों तक साधारण कैलकुलेटिंग मशीन की अपेक्षा दस गुनी रफ़्तार से गणना कर सकते थे।

द्वितीय विश्वयुद्ध के दौरान पेन्सिलवानिया विश्वविद्यालय के मूर इंजीनियरिंग स्कूल में डॉ. प्रेस्पर एकर्ट और जॉन मोकली ने रेडियो वॉल्व की उपयोगिता को पहचाना—कि सेकण्ड के एक लाखवें काल-अंश में इस वॉल्व को ऑन या ऑफ़ किया जा सकता है। यह गति पहले प्रयुक्त यान्त्रिक रिले की अपेक्षा हज़ारों गुना तेज़ थी। इस तेज़ विद्युत् स्विच के हाथ लगते ही सैनिक आर्थिक सहायता से ऐकर्ट और मोकली ने 18,000 रेडियो वॉल्वों का प्रयोग कर 1946 में विश्व का पहला इलेक्ट्रॉनिक कॅम्प्यूटर तैयार किया। इसका नाम 'ऐनीएक' (इलेक्ट्रॉनिक न्यूमेरिकल इण्टीग्रेटर ऐण्ड कैलकुलेटर) था। यह मार्क–1 से काफ़ी तेज़ था और उस समय में उपलब्ध सभी इलेक्ट्रॉनिकी यन्त्रों की अपेक्षा अधिक जटिल था। पर इसमें गणनाओं का आन्तरिक-संग्रह करने के लिए कोई सुविधा नहीं थी। बाहरी स्विचों और प्लगों से इसे आदेश देने होते थे। इसे तोप के गोले के पथ या हवाई जहाज़ के पथ-निर्धारण जैसे विशेष कार्यों के लिए बनाया गया था। 'ऐनिएक' का सुधरा रूप ऐकर्ट और मोकली ने ऐडावैक बनाया (1947–52 में); जो बाइनरी पद्धति का प्रयोग करता था और आदेशों को सँजोये भी रख सकता था। वस्तुतः इसमें डॉ. जॉन न्यूमन का विशेष हाथ था। द्वितीय विश्वयुद्ध के दौरान वे सेना से और लॉस एलामॅस प्रयोगशाला दोनों से ही सम्बद्ध थे और उन्हें ऐकर्ट और मोकली के 'ऐनिएक' कॅम्प्यूटर का पता था। उन्होंने ही आन्तरिक स्मृतिप्रभाग—जिसमें डाटा और क्रिया-निर्देश अलग-अलग जगह सँजोये जायें—का मौलिक विचार दिया था।

व्यावसायिक तौर पर उपलब्ध होनेवाला पहला कॅम्प्यूटर 'यूनीवैक–1'

(1951) था, जिसको विज्ञान के अतिरिक्त अन्य कार्यों के लिए प्रयोग किया गया। यह कॅम्प्यूटर रैमिंगटन रैण्ड (अब स्प्रैरी रैण्ड) कम्पनी द्वारा बनाया गया था। पहले के कॅम्प्यूटर, कार्ड या पेपर टेप का प्रयोग करते थे। इस कॅम्प्यूटर में चुम्बकीय टेपों का प्रयोग होने से इसकी गणना गति बढ़ गयी। यही पहला कॅम्प्यूटर था जिसमें अंक या अक्षर के लिए किसी भी रूप में आदेश दिये जा सकते थे।

मार्क–1, ऐनिएक, एडावैक, यूनीवैक–1 ये सब कॅम्प्यूटर प्रारम्भिक (पहली) पीढ़ी के ऐसे कॅम्प्यूटर हैं जिनमें रेडियो वॉल्वों का प्रयोग होने लगा था। कॅम्प्यूटर एक सच्चाई तो बन गयी थी, पर सुधरे रूप में नहीं। मशीन बहुत लम्बी-चौड़ी थी, उसको चलाने के लिए काफ़ी विद्युत्-शक्ति की आवश्यकता होती थी और इतनी गरमी पैदा करती थी कि वातानु-कूलन के कड़े अनुशासन का पालन करना पड़ता था जिससे उसके अंग सुरक्षित रहें और कॅम्प्यूटर भली प्रकार कार्य करता रहे। ये उतने विश्वस्त और तेज़ भी नहीं थे, जैसी कल्पना की गयी थी। उनकी स्मृति भी सीमित थी। कॅम्प्यूटर की दूसरी पीढ़ी 1959 में आरम्भ हुई जब रेडियो वॉल्वों का स्थान ट्रांजिस्टर ने ले लिया। कॅम्प्यूटर धीरे-धीरे करोड़ों डॉलर का व्यवसाय बन गया। द्वितीय पीढ़ी के कॅम्प्यूटर काफ़ी छोटे, कम बिजली खर्च करनेवाले और कम ऊष्मा पैदा करनेवाले थे। ट्रांजिस्टर के प्रयोग ने उनकी गति और विश्वस्तता बढ़ा दी। इनका स्मृति-भाग भी बड़ा हो गया।

इसी विकास का अगला अध्याय 1964 में आरम्भ होता है जब तीसरी पीढ़ी के कॅम्प्यूटर बाज़ार में आये। दूसरी पीढ़ी की अपेक्षा तीसरी पीढ़ी के कॅम्प्यूटरों में बहुत से लाभ उपलब्ध थे। इनमें ठोस आधार पर बने माइक्रोसर्किटों का प्रयोग किया गया था। आधे इंच के वर्ग में चालक, रजिस्टर, डायोड, ट्रांजिस्टर सब समा सकते थे। एक और मोनोलिथिक इण्टीग्रेटेड सर्किट की कॅम्प्यूटर-डिज़ाइन थी जिसमें इससे भी कम स्थान पर सर्किट को गोदने-भर से काम चल जाता है। सर्किट का रूप छोटा

होने से गणना-क्रिया शीघ्र होती है। तेज़ गति के कारण असम्भव प्रश्नों का शीघ्र हल करना भी सम्भव हो जाता है। ये छोटे और नये उपकरण अधिक विश्वसनीय हैं, इसलिए इनकी देखभाल करने की समस्या जाती रहती है। बड़ी स्मृतियाँ भी आज उपलब्ध हैं जिनका व्यय अपेक्षाकृत कम है।

तीसरी पीढ़ी के ज़्यादातर कॅम्प्यूटर-निर्माताओं ने एक ही श्रेणी में एक दूसरे के उपयुक्त कॅम्प्यूटर बनाये हैं। इसका अर्थ यह है कि यदि एक प्रोग्राम किसी श्रेणी के छोटे कॅम्प्यूटर के लिए बनाया है तो वही प्रोग्राम उस श्रेणी के बड़े कॅम्प्यूटर पर भी चल सकता है। एक श्रेणी के कॅम्प्यूटरों की निर्देश-भाषा एक ही होती है। इस गुण को 'कम्पेटिबिलिटी' कहते हैं। इससे कई लाभ हैं। आप अपने प्रोग्राम को छोटे कॅम्प्यूटर पर सस्ते में 'टेस्ट' कर लीजिए और बिना नया प्रोग्राम लिखे आवश्यकतानुसार उसे बड़े कॅम्प्यूटर पर चला लीजिए। आपको भी लाभ और बड़े कॅम्प्यूटर केन्द्रों को भी लाभ कि उनके पास प्रोग्राम रन करनेवालों की भीड़ कम हो जाती है।

तीसरी पीढ़ी के कॅम्प्यूटर वैज्ञानिक और व्यावसायिक दोनों तरह की गणनाएँ कर सकते हैं। इसमें पूर्व की पीढ़ियों में इन दोनों कार्यों के लिए अलग-अलग प्रकार के कॅम्प्यूटरों की आवश्यकता होती थी।

तीसरी पीढ़ी के कॅम्प्यूटरों के इनपुट-आउटपुट खण्ड काफ़ी तेज़ गति के हैं। गति दर्शाने के लिए अक्सर हम नानोसेकण्ड यानी 1/1,000,000,000 सेकण्ड (सेकण्ड के अरबांश) का प्रयोग करते हैं। माइक्रो सेकण्ड (सेकण्ड के दस लाखवें भाग) और मिली सेकण्ड (सेकण्ड के हज़ारवें भाग) का भी हम कभी-कभी प्रयोग करते हैं। आजकल कॅम्प्यूटर बनानेवाली कम्पनियों में निम्न कम्पनियाँ प्रमुख हैं :

कण्ट्रोल डाटा कॉरपोरेशन C D C

डिजिटल इक्विपमेण्ट कॉरपोरेशन D E C

हनीवैल H

इण्टरनेशनल बिज़नेस मशीनस् I B M

आर. सी. ए. कॉरपोरेशन R C A

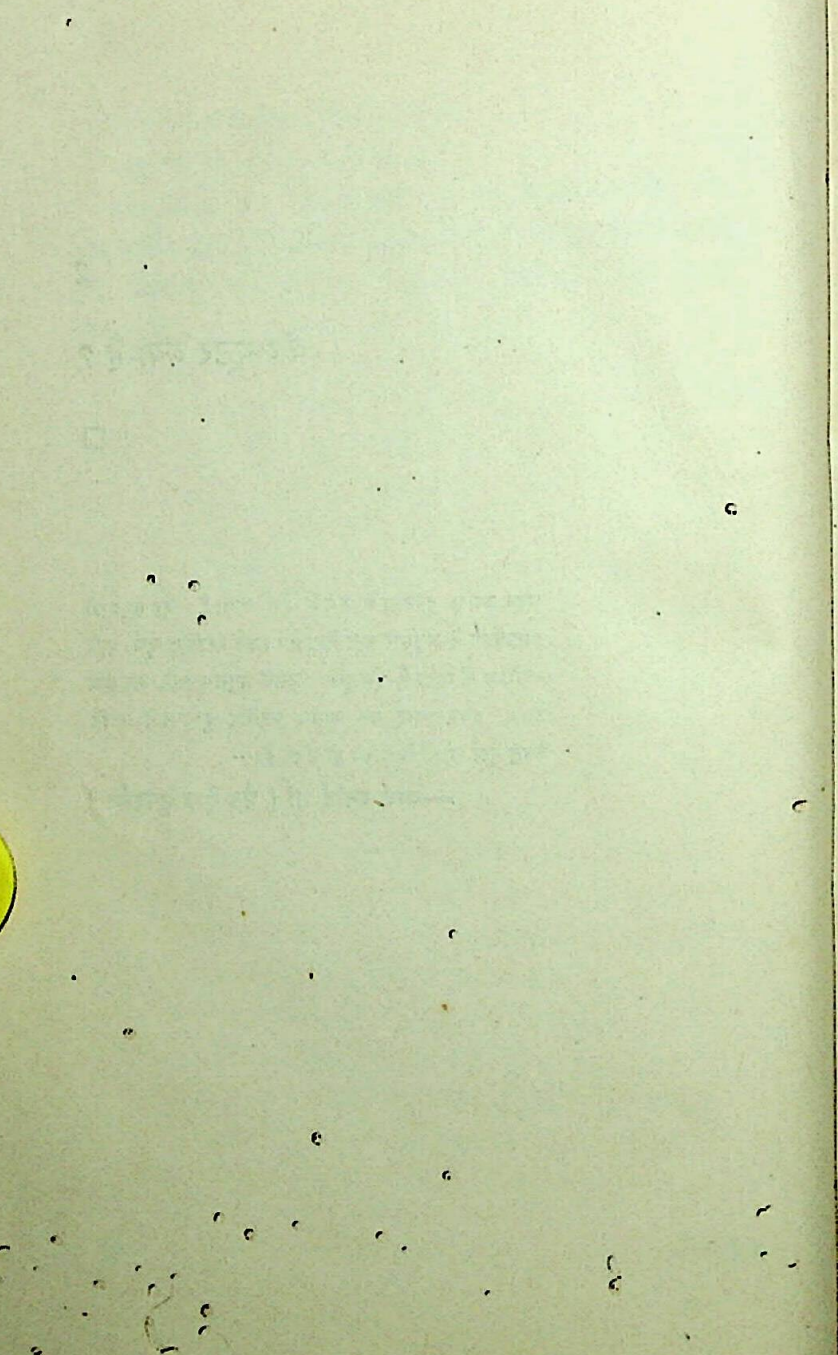
कॅम्प्यूटर को छोटा, मध्यम, और वड़े आकार का—उसकी गति, आकार और योग्यता के आधार पर कहा जाता है। ये गुण जितने अधिक होंगे उतना ही वड़ा कॅम्प्यूटर होगा और उतनी ही ज़्यादा उसकी क़ीमत भी।

2

कॅम्प्यूटर क्या है ?

□

चतुर व्यक्ति दुनिया के रंग में रँग जाता है। वह खुद को वातावरण के अनुसार बना लेता है। इसके विपरीत मूर्ख इसी कोशिश में रहता है कि दुनिया उसके अनुसार चले, सब कुछ उसकी इच्छानुसार बन जाये। इसलिए दुनिया में प्रगति केवल मूर्ख लोगों के कारण ही होती है।...

—जार्ज बर्नार्ड शॉ (मैन ऐण्ड सुपरमैन)

कॅम्प्यूटर क्या है ?

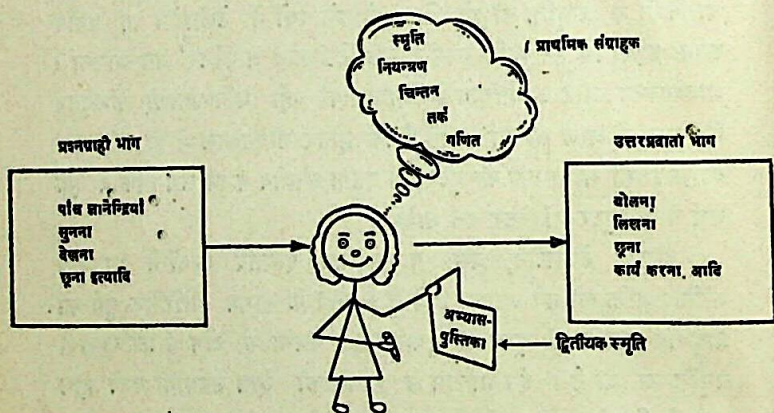
१९वीं शताब्दी के अन्तिम वर्षों में जब टेलीफ़ोन का प्रचलन बढ़ रहा था किसी ने प्रागुक्ति की थी कि आनेवाले वर्षों में टेलीफ़ोन का प्रयोग इतना बढ़ेगा कि हर व्यक्ति स्वयं में एक 'टेलीफ़ोन ऑपरेटर' बन जायेगा। आवश्यकता और उपयोगिता के आधार पर यही भविष्यवाणी कॅम्प्यूटर के विषय में आज की जा सकती है कि हमारे जीवनकाल में ही अधिकांश व्यक्ति किसी सीमा तक कॅम्प्यूटर का इतना उपयोग करने लगेंगे कि वे एक अर्थ में कॅम्प्यूटर-ऑपरेटर बन जायेंगे।

वस्तुतः टेलीफ़ोन, प्रेस, वाष्प-इंजिन इत्यादि यन्त्रों ने मानवीय भौतिक शक्ति को नये आयाम दिये हैं। इन्हीं के कारण औद्योगिक युग का प्रादुर्भाव हुआ। कॅम्प्यूटर ने सूचना और गणना के क्षेत्र में क्रान्तिकारी समृद्धि ला दी है। इस माध्यम से मानव को ऐसा उपयोगी यन्त्र हाथ लगा है जिससे उन प्रश्नों और समस्याओं को सरल करना सम्भव हुआ है जो कॅम्प्यूटर के अभाव में शायद कभी भी सरल न हो पाती। कॅम्प्यूटर ने मानव की मानसिक शक्ति को बढ़ाया है। वे एक ऐसी सूचना-क्रान्ति के वाहक हैं जिनका प्रभाव हमारे जीवन में आधुनिक तकनीकी ज्ञान, यहाँ तक कि परमाणु ऊर्जा से भी अधिक होगा।

कॅम्प्यूटर की विशेषताएँ

कॅम्प्यूटर और उसकी उपयोगिता समझने के लिए उसके गुण और विशेषताएँ जानना आवश्यक है।

कॅम्प्यूटर की सबसे बड़ी विशेषता है उसकी अप्रतिम गति। कॅम्प्यूटर

क्रमिक ढंग से, यद्यपि उत्तरोत्तर कार्य करता है किन्तु वह हर क्रिया को इतनी शीघ्रता से करता है कि वह गति साधारण बुद्धि की समझ से परे है। उदाहरणार्थ कुछ कॅम्प्यूटर १६ अंकोंवाली करोड़ों संख्याओं के योग को एक सेकण्ड से भी कम समय में कर सकते हैं। ऐसी ही तेज़ गति के कारण कॅम्प्यूटर उन समस्याओं को जो वर्षों में भी हस्त-गणना से पूरी न हो पातीं, कुछ मिनटों में पूरा कर देते हैं।

चित्र 2-1 : मानव तन्त्र

इतना ही नहीं कि कॅम्प्यूटर की गति ही बहुत तेज़ है, इस तेज़ क्रिया के साथ उसकी स्मृति चिरस्थायी और अमिट होती है। कॅम्प्यूटर स्मृति-कक्ष से गणना-सामग्री आवश्यकतानुसार 'तुरन्त' प्राप्त कर सकता है, और इस क्रिया में स्मृति-कक्ष से प्राप्त सूचनाएँ विस्मृत नहीं होतीं। इस यान्त्रिक स्मृति की तुलना हम 'अपनी' स्मृति से कर सकते हैं जो याद तो देर में कर पाती है पर भूल जल्दी जाती है।

कॅम्प्यूटर एक अत्यन्त परिशुद्ध गणना करनेवाला यन्त्र है। उससे गणना अधिकांशतः दशमलव के 7, 3 या 9 सार्थक स्थानों तक करना

सम्भव है। उपयोगकर्ता इस सीमा को दुगुना भी कर सकता है। इसका अर्थ हुआ कि विना किसी बाधा के कॅम्प्यूटर 52782.4578 को 67.1384679 से गुणा करने में सफल होगा और प्राप्त परिणाम को दशमलव के 9 या 18 सार्थक स्थानों तक दे सकेगा।

तेज़ गति, अमिट स्मृति और परिशुद्ध गणना के साथ-साथ कॅम्प्यूटर की एक विशेषता और है—गणनाओं को स्वचालित ढंग से करना। उपयोगकर्ता से यह यन्त्र एक वार आदेश ग्रहण कर, फिर विना उसकी उपस्थिति और सहायता का मुँह ताके उन आदेशों के अनुसार गणना कर सकता है। इसका अर्थ हुआ कि आप कॅम्प्यूटर को समस्या वताइए, जितनी देर तक आप फ़िल्म देखेंगे या और कुछ करेंगे तवतक कॅम्प्यूटर आश्चर्य-जनक गति से परिशुद्ध गणनाएँ स्वयमेव करता रहेगा।

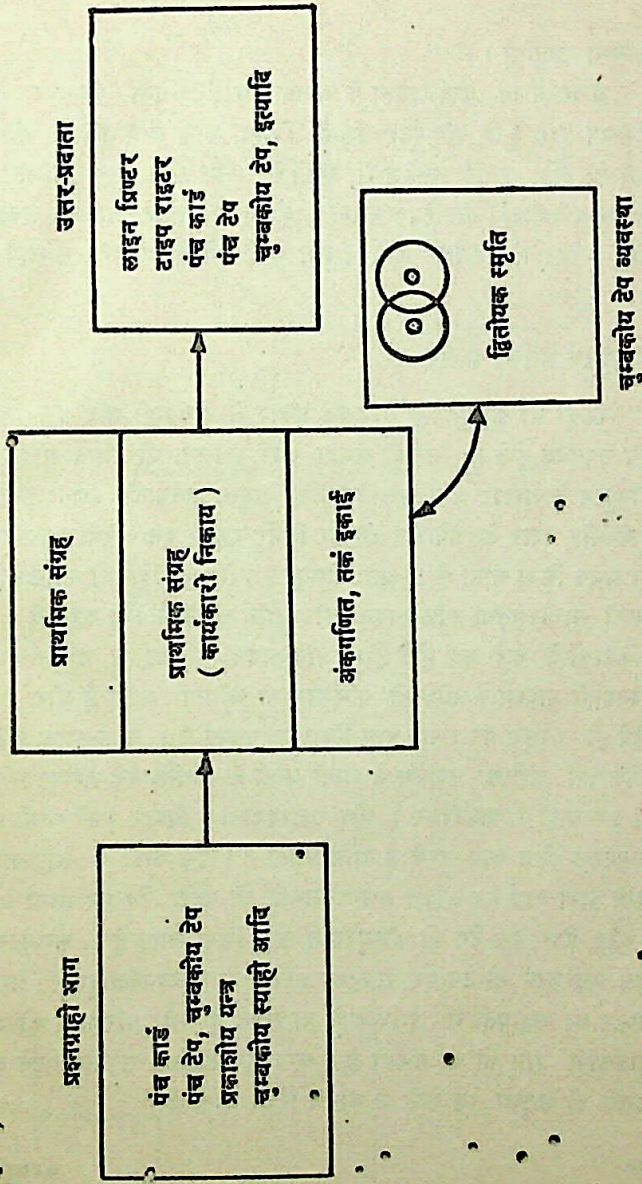
इलेक्ट्रानिक यन्त्रों से निर्मित कॅम्प्यूटर एक ऐसा यन्त्र है जिसका उपयोग मनुष्य समस्याएँ और प्रश्न हल करने में करता है। साधारण गणित करनेवाली मशीन की तरह या कहें, कार की तरह, यह एक साधन है जिसका निर्माण और आयोजना मनुष्य ने स्वयं की है। पर यह साधन स्वयं प्रेरित नहीं है। इसके पास वे ही गुण हैं जो मानव ने इसको 'सिखा' रखे हैं यानी कुछ विशेष अवस्थाओं में आदेशों को पाकर उनको उचित ढंग से पालन करने की विधि मानव ने कॅम्प्यूटर की स्मृति में सँजो रखी है। यन्त्र के वरदान से मानव ने लम्बी गणनाओं, तेज़ गति और शुद्ध गणन-क्षमता को पाकर अपनी मानसिक क्षमता को वर्द्धित कर लिया है। एक बार आदेश पाकर यह यन्त्र अपने निर्माणकर्ता से भी अधिक कुशलता-पूर्वक कार्य को सम्पन्न कर सकने में सक्षम है।

दैनिक जीवन में प्रयोग होनेवाली पेन्सिल की तरह कॅम्प्यूटर वहुविधि उपयोगी है। इससे बहुत प्रकार के काम लिये जा सकते हैं; जैसे पेन्सिल कविता की नक़ल कर सकती है, धोवी को दिये गये कपड़ों की सूची बना सकती है, किसी लेख की ग़लतियाँ ठीक करने में उपयोगी हो सकती है, चित्र वना सकती है, गणित कर सकती है, कक्षा में नोट्स ले सकती है।

वैसे ही कॅम्प्यूटर बहुत तरह के कार्य करने में सक्षम है, पर इसकी कुशलता और कार्यक्षमता पेन्सिल की अपेक्षा बहुत बढ़ी-चढ़ी है। कॅम्प्यूटर गणना सामग्री को I.B.M. के सैकड़ों कार्डों से मिनटों में पढ़ सकता है। सूचनाओं को प्रति मिनट सैकड़ों पंक्तियों के हिसाब से छाप सकता है। यह लाखों शब्दों, संख्याओं, अक्षरों को याद रख सकता है, उनमें से किसी को भी बिना समय लगाये तुरन्त गणना के लिए उपलब्ध कर सकता है। साधारण जोड़-बाक़ी से लेकर जटिल समीकरणों को हल करना इसकी क्षमता-सीमा में है। यह एक ही गणना को लाखों बार बिना किसी अशुद्धि के दुहरा सकता है। कॅम्प्यूटर लेख छाप सकता है, पत्र लिख सकता है, चित्र और ग्राफ़ खींच सकता है। सूची बनाना, चयन करना, तार्किक निर्णय लेना, तुलना करना भी इसका काम है।

कॅम्प्यूटर का आकार-प्रकार

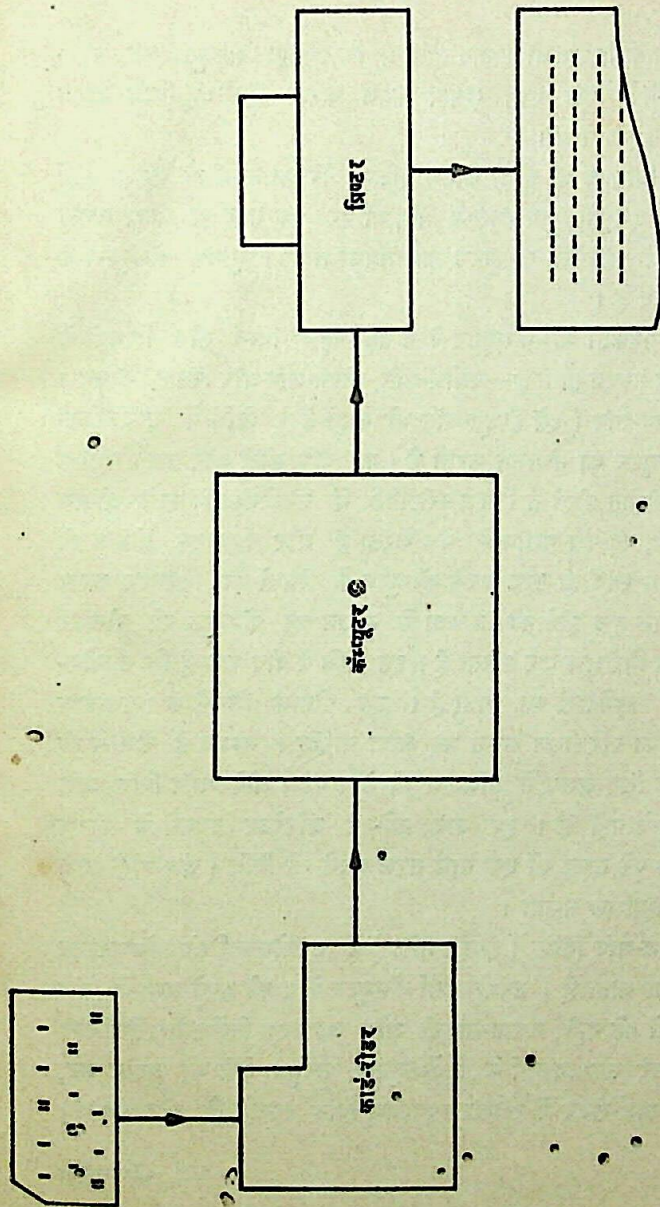
कॅम्प्यूटर सर्वद्रष्टा, सर्वसक्षम, सर्वज्ञानी या अतिमानवीय यन्त्र नहीं है। यह स्विच, तार, मोटर, ट्रांजिस्टर, विद्युत् सर्किटों से बने उपकरणों का समूह मात्र है। टाइपराइटर, प्रिण्टर, कार्डरीडर, कार्ड पंचिंग यन्त्र, चुम्बकीय टेप, केन्द्रीय नियन्त्रक इकाई इत्यादि सभी भाग इन्हीं उपकरणों से बने होते हैं। एक दूसरे से तारों द्वारा सम्बन्धित रहते हैं और मिल-जुलकर 'कॅम्प्यूटर' नामक मशीन कहलाते हैं। ये सभी यन्त्र मानव के नियन्त्रण में रहते हैं। इन यान्त्रिक उपकरणों को तकनीकी भाषा में 'हार्ड वेयर' कहते हैं। इस हार्ड वेयर को स्वचालित बनाने के लिए सहायता पहुँचानेवाले प्रोग्राम 'सॉफ़्ट वेयर' कहलाते हैं।

कॅम्प्यूटर छोटे-बड़े कई आकार के होते हैं। यह मेज़ पर रखे साधारण और सीमित परिगणक से लेकर कई कमरों की जगह घेरनेवाले कॅम्प्यूटर के रूप में हो सकते हैं। यह भी सम्भव है कि पूरा का पूरा कॅम्प्यूटर एक ही जगह हो या उसके भाग कई स्थानों में अवस्थित हों। कॅम्प्यूटर एक बिल्डिंग में या देश के आरपार भी हो सकता है; टेलीफ़ोन द्वारा उसका

चित्र–2.2 : कॅम्प्यूटर का शरीर-शास्त्र

सम्बन्ध रहता है।

अलग-अलग कार्य-क्षमता के आधार पर विभिन्न कॅम्प्यूटर आज उपलब्ध हैं। कुछ कॅम्प्यूटर किसी विशेष कार्य करने तक ही सीमित होते हैं; जैसे, हवाई जहाज़ में सीटों का आरक्षण करना या धातु की निर्माण-प्रक्रिया को नियन्त्रित करना। कॅम्प्यूटर विविध कार्य कर सकते हैं और व्यवसाय, विज्ञान और शिक्षा के क्षेत्र में बखूबी काम में लाये जा सकते हैं।

कॅम्प्यूटर प्रयोग के प्रकार

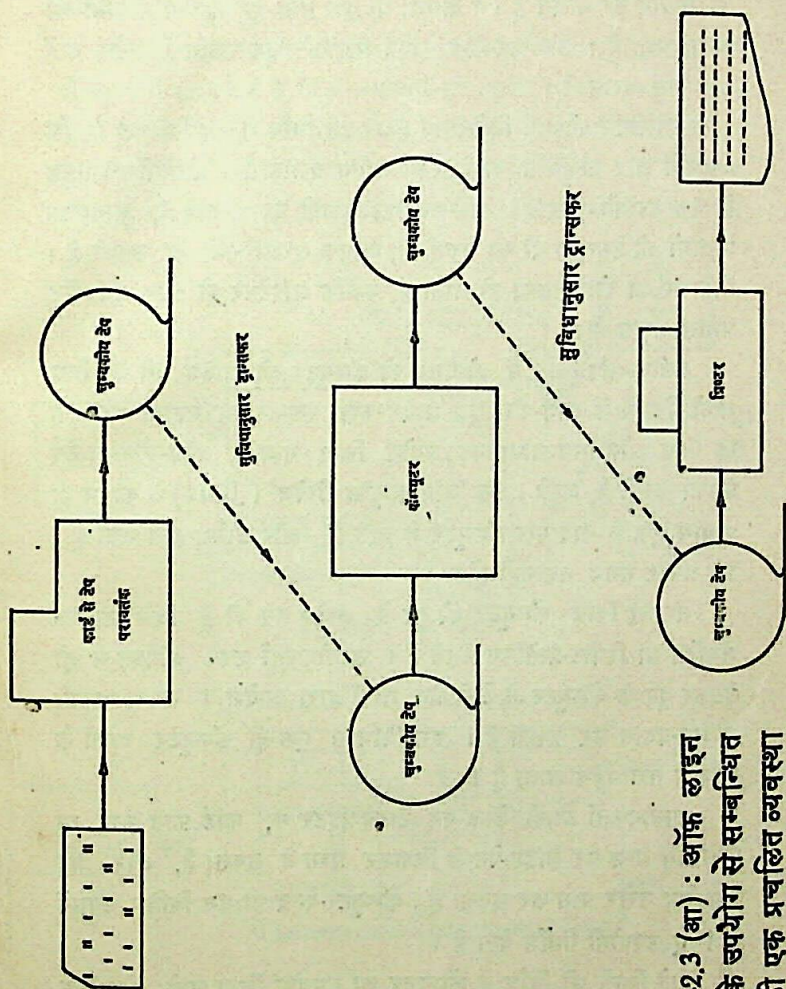
किसी भी कॅम्प्यूटर के लिए कई प्रकार के प्रश्नग्राही और उत्तरप्रदाता अंग उपलब्ध होते हैं; उनकी क्षमता और कुशलता भी भिन्न होती है। कॅम्प्यूटर के आकार और उसकी स्मृति, प्रयुक्त होनेवाली गणना सामग्री, प्रश्न और उत्तर के अपेक्षित ढंग पर निर्भर रहकर इन परिधीय उपकरणों का चयन किया जाता है। अतः कॅम्प्यूटर प्रयोग की विधियाँ भी कई हैं। इनको साधारणतया ऑफ़-लाइन और ऑन-लाइन प्रक्रिया कहते हैं। इन प्रक्रियाओं के कई रूप होते हैं। ऑन-लाइन प्रक्रिया में गणना-सामग्री प्रश्नग्राही माध्यम से सीधे ही कॅम्प्यूटर को पहुँचायी जाती है और उत्तर सीधे ही काग़ज़ पर छपा प्राप्त किया जा सकता है। ऑफ़-लाइन प्रक्रिया अपेक्षाकृत अधिक उपयोग में लायी जाती है क्योंकि बड़े कॅम्प्यूटर-केन्द्रों में, प्रश्नग्राही (कार्डरीडर) और उत्तरप्रदाता (प्रिण्टर) की धीमी गति के कारण शीघ्र कार्य करने में बाधा पड़ती है। इन केन्द्रों में ऑफ़-लाइन विधि द्वारा कार्ड पर अंकित गणना सामग्री को पहले टेप कर लिया जाता है और फिर इस टेप को कॅम्प्यूटर में फ़ीड किया जाता है। कॅम्प्यूटर से प्राप्त परिणाम भी टेप पर संग्रहीत होते हैं। आवश्यकतानुसार टेप से प्रिण्टर की सहायता से उत्तर छापे जा सकते हैं और परिणामों की छपी 'हार्डकॉपी' प्राप्त की जा सकती है। चुम्बकीय टेप का उपयोग पढ़ने और लिखने की उसकी तेज़ गति के कारण किया जाता है।

चित्र–2.3 (अ) : ऑन-लाइन
कॅम्प्यूटर के उपयोग से सम्बन्धित उपकरणों की एक प्रचलित व्यवस्था

कभी-कभी यह भी सम्भव होता है कि एक ही कॅम्प्यूटर कई प्रश्न-ग्राही भागों से एक साथ सूचना ग्रहण करता है। यह विधि 'टाइम शेयरिंग' कहलाती है।

इस विधि से भी थोड़ी जटिल प्रक्रिया 'पैरेलल प्रॉसेसिंग' की है जहाँ वास्तव में एक कॅम्प्यूटर बहुत-से प्रोग्रामों पर एक साथ ही क्रिया करता है। अपनी जटिलता के कारण यह सुविधा अति आधुनिक कॅम्प्यूटरों में ही उपलब्ध है।

उपयोगकर्ता की कॅम्प्यूटर केन्द्र तक पहुँच निम्न तीन विधियों के माध्यम से सम्भव होती है—क्लोज-शॉप, ओपन-शॉप और रिमोटप्रॉसेसिंग।

ओपन-शॉप (इसे हैण्ड्स-ऑन भी कहते हैं) विधि में उपयोगकर्ता स्वयं कॅम्प्यूटर का संचालन करता है। यह विधि छोटी और सस्ती मशीनों तक ही सीमित होती है। इस पूरी विधि में उपयोगकर्ता पहले प्रोग्राम लिखता है, की-पंच मशीन से पंच करता है और फिर इस प्रोग्राम को कॅम्प्यूटर में स्वयं ही फ़ीड करके कॅम्प्यूटर के स्विचों का नियन्त्रण करता है। सवाल हल होने की प्रक्रिया के दौरान वह कॅम्प्यूटर को रोककर गणना का निरीक्षण कर सकता है। इस विधि में दोष यही है कि उपयोग-कर्ता की ज़िम्मेदारी बढ़ जाती है। उसे प्रोग्राम लिखने के साथ-साथ कॅम्प्यूटर का परिचालन करना भी आना चाहिए। सम्भव है कभी-कभी उसे इसके लिए अलग से प्रशिक्षण भी लेना पड़े। ओपेन-शॉप विधि अति कुशल विधि नहीं है। हर बार नये-नये ऑपरेटर बदलने के कारण प्रोग्राम के पूरे समूह को एक साथ सरल करने की विधि (बैच-प्रॉसेसिंग) नहीं अपनायी जा सकती।

क्लोज-शॉप विधि (हैण्ड्स-ऑफ़) में उपयोगकर्ता को कॅम्प्यूटर से अलग रखा जाता है। उपयोगकर्ता कॅम्प्यूटर-केन्द्र को अपने प्रश्न के पंच किये कार्डों की गड्डी, गणना-सामग्री और आवश्यक निर्देश देता है। केन्द्र के ऑपरेटर उपयोगकर्ता के निर्देशानुसार उपयुक्त टेपों का प्रयोग कर, कार्ड को कार्ड-रीडर में रखकर आवश्यक विधि अपनाते हैं, और कॅम्प्यूटर

चित्र–2.3 (आ) : ऑफ़ लाइन कॅम्प्यूटर के उपयोग से सम्बन्धित उपकरणों की एक प्रचलित व्यवस्था

पर प्रोग्राम को चलाते हैं। वे क्रमशः या एक साथ ही बहुत-से प्रोग्रामों को चला सकते हैं। कॅम्प्यूटर-केन्द्र अपने ऑपरेटर खुद रखता है और उन्हें प्रशिक्षित करता है।

इस विधि की कई विशेषताएँ हैं। इस विधि में यह निश्चित है कि अनुभवी और प्रशिक्षित ऑपरेटर ही मशीन चलाते हैं। प्रोग्रामों को समूह में चलाकर कॅम्प्यूटर की कार्य-कुशलता बढ़ायी जा सकती है, आवश्यक प्रोग्रामों को प्रमुखता दी जा सकती है, अधिक सुरक्षा रखी जा सकती है। प्रोग्रामर का बोझ हलका हो जाता है, क्योंकि ऑपरेटर ही लोड, रन और प्रोसेस करता है।

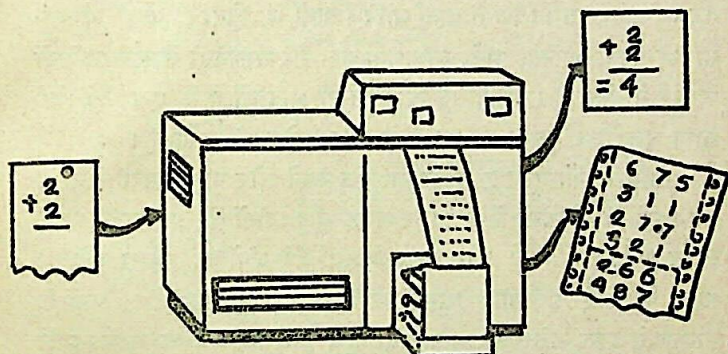
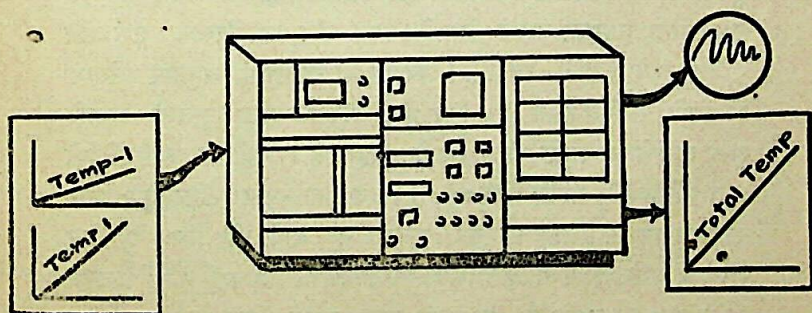
क्लोज-शॉप विधि में प्रोग्रामर को कॅम्प्यूटर को आदेश देने के लिए अपने प्रोग्राम के आगे-पीछे कुछ आदेश-कार्ड रखकर यह बताना पड़ता है कि किस प्रोग्रामिंग भाषा का प्रयोग किया गया है, कौन-कौन-सी टेप प्रयुक्त करनी है, आदि। इस 'जॉब कण्ट्रोल लैंग्वेज' (JCL) के कारण ही प्रोग्राम एक के बाद एक कॅम्प्यूटर में जाते हैं, और प्रोसेस होते रहते हैं। इस प्रकार समय नष्ट नहीं होता।

तीसरी विधि कॅम्प्यूटर को दूर से आदेश देने की है जिसे टाइम-शेयरिंग या रिमोट-प्रासेसिंग कहते हैं। उपयोगकर्ता अपने ऑफ़िस में ही बैठकर दूर के कॅम्प्यूटर से टेलीफ़ोन तारों द्वारा आदेश व गणना-सामग्री आदान-प्रदान कर सकता है। इस विधि से एक ही कॅम्प्यूटर बहुतों के दरवाज़े तक पहुँच जाता है।

उपयोगकर्ता अपनी डेस्क पर टाइपराइटर से, कार्ड फ़ीड कर, या प्रकाशीय यन्त्र पर लाइट-पेन से लिखकर प्रश्न दे सकता है, और वहीं बैठा-बैठा उत्तर प्राप्त कर सकता है। कॅम्प्यूटर-केन्द्र ही इन विविध उपायों के लिए उपयोगी निर्देश देता है।

चाहे किसी भी विधि से कॅम्प्यूटर का उपयोग किया जाये प्रोग्रामिंग के सिद्धान्त वही रहते हैं। उपयोगकर्ता को स्वयं अपनी समस्या समझकर, उसका विश्लेषण कर कॅम्प्यूटर के लिए साफ़-साफ़ निर्देश लिखने होते हैं।

डिजिटल कॅम्प्यूटर

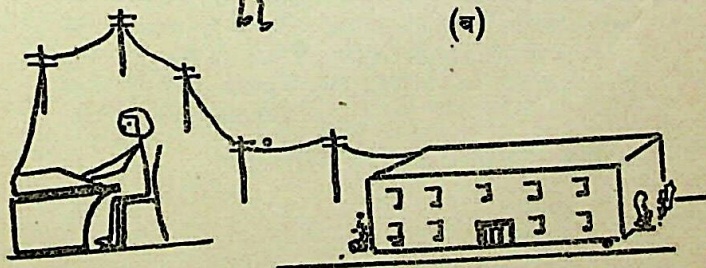
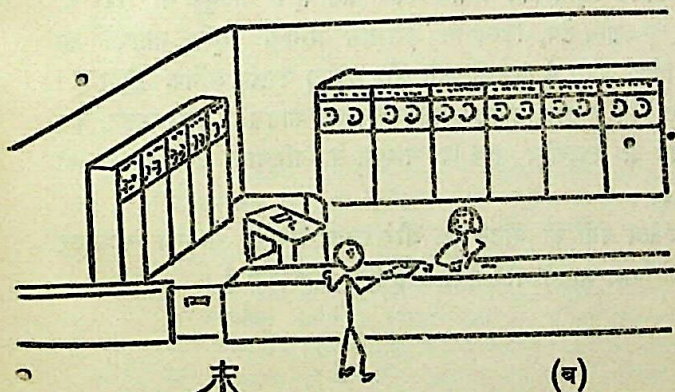
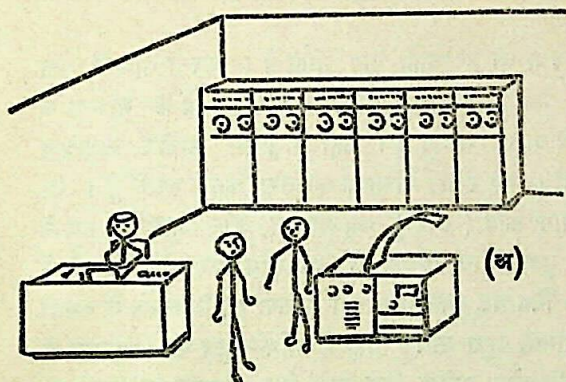
कॅम्प्यूटर दो प्रकार के होते हैं–ऐनालॉग और डिजिटल। ऐनालॉग कॅम्प्यूटर में सतत रूप से किसी समानता को आधार बनाकर कार्य किया जाता है जबकि डिजिटल सिर्फ़ डिजिट या संख्याओं का ही प्रयोग करता है। थर्मामीटर एक ऐनालॉग और पेट्रोल पम्प का मीटर एक डिजिटल यन्त्र है। साधारणतया कॅम्प्यूटर शब्द से डिजिटल कॅम्प्यूटर का ही

डिजिटल कॅम्प्यूटर

एनालॉग कॅम्प्यूटर

चित्र–2.4

अभिप्राय लिया जाता है। यह उत्तरोत्तर कार्य करता है। आजकल के अधिकांश कॅम्प्यूटर डिजिटल ही होते हैं। इस पुस्तक में भी कॅम्प्यूटर शब्द डिजिटल कॅम्प्यूटर के लिए ही प्रयुक्त किया गया है।

डिजिटल कॅम्प्यूटर संख्याओं और वर्णमाला के अक्षरों को 'पढ़' सकता है और परिणाम को संख्याओं के रूप में देता है; यह रूप चाहे सूची, वाक्य, या सादा संख्याओं में हो। डिजिटल कॅम्प्यूटर का उपयोग अधिकतर व्यवसाय, सामाजिक विज्ञान आदि विषयों में होता है जहाँ गणना-सामग्री रुपये, व्यक्ति, घण्टे, जनगणना का परिणाम-जैसी असतत राशियों के रूप में होती है। प्रोग्रामिंग की बहुत-सी भाषाओं में से एक 'फोर्ट्रान' भाषा उत्तरोत्तर सूचना की गणना के लिए प्रयोग की जाती है।

डिजिटल कॅम्प्यूटर द्वारा समस्या हल करने और मानव द्वारा समस्या हल करने की विधियों में पर्याप्त समानता है। दोनों ही, प्रश्नग्राही भाग, स्मृति, नियन्त्रण, तर्क और उत्तर-प्रदाता-जैसे अंगों का सहारा लेते हैं। मानव के लिए प्रश्नग्राही भाग उसकी पाँच ज्ञानेन्द्रियाँ हैं। इन्हीं के माध्यम से प्रश्न मस्तिष्क तक पहुँचता है। मस्तिष्क अनेक कार्य सम्पन्न करता है। मस्तिष्क का एक भाग स्मृति को नियन्त्रित करता है और दूसरा क्रिया-कौशल और अन्य संस्थानों को नियन्त्रण में रखकर उपयुक्त समयानुसार उपयुक्त आदेश देता है। एक और भाग चिन्तन, तर्क और गणित करने में सक्रिय रहता है। व्यक्ति की क्षमता के अनुसार मस्तिष्क की स्मृति सीमित होती है। फिर भी, प्रत्येक व्यक्ति पुस्तकों इत्यादि दूसरे साधनों से स्मृति को सहारा देता रहता है। गृहीत समस्या इन्द्रियों द्वारा मस्तिष्क में आयी; नियन्त्रण, चिन्तन, तर्क-भाग सक्रिय हुए; और मस्तिष्क का काम चालू। दूसरे सन्दर्भों या आगे की क्रिया के लिए परिणाम मस्तिष्क में संग्रहीत किया जा सकता है, या कहीं किसी नोटबुक पर उतारा जा सकता है, या वाणी द्वारा व्यक्त किया जा सकता है। चित्र, वाणी या किसी अन्य क्रिया से भी परिणाम का प्रकटीकरण सम्भव है।

चित्र–2.5 : कॅम्प्यूटर की उपयोग विधियाँ

(अ) ओन-शॉप-विधि : जहाँ प्रयोगकर्ता स्वयं कॅम्प्यूटर चला सकता है।
(ब) क्लोज़्ड-शॉप-विधि : जहाँ कॅम्प्यूटर सिर्फ़ कॅम्प्यूटर केन्द्र के ऑपरेटर द्वारा चलाया जाता है।
(स) रिमोट-प्रॉसेसिंग-विधि : जहाँ दूर बैठा उपयोगकर्ता टेलिफ़ोन के तारों के माध्यम से कॅम्प्यूटर का उपयोग करता है।

कॅम्प्यूटर-यन्त्र में भी प्रश्नग्राही भाग होता है। गणना-सामग्री पंच किये कार्डों, टेपों, प्रकाशीय यन्त्रों, चुम्बकीय स्याही इत्यादि के माध्यम से प्रश्नग्राही भाग को दी जा सकती हैं। यहाँ से सूचना केन्द्रीय नियन्त्रण इकाई को जाती है। यह इकाई मस्तिष्क की तरह कार्य करती है। के. नि. इ. का एक भाग क्रोड (कोर) कहलाता है और स्मृति के रूप में कार्य करता है। दूसरा भाग तार्किक और गणितीय क्रियाओं को करने में संलग्न रहता है। नियन्त्रक इकाई इस पूरी प्रक्रिया को नियन्त्रण में रखती है। जब गणना-सामग्री बहुत अधिक होती है तो कॅम्प्यूटर की सहायता के लिए द्वितीयक स्मृति-कोष प्रयोग किये जाते हैं। नोटबुक या पेपर की अपेक्षा चुम्बकीय टेप, डिस्क या ड्रम-जैसे प्रभावी स्मृति सहायकों का आश्रय लिया जाता है जिनकी गति और क्षमता काफ़ी अधिक होती है। प्रश्न हल होने के बाद उत्तर-प्रदाता-अंग छपे काग़ज़, टाइपराइटर, पंच किये कार्ड या प्रकाशीय यन्त्र के माध्यम से परिणाम उपयोगकर्ता को देता है।

इन सब अंगों की जानकारी और इनका आपसी सम्बन्ध कॅम्प्यूटर की क्रिया-विधि जानने और समझने के लिए आवश्यक है।

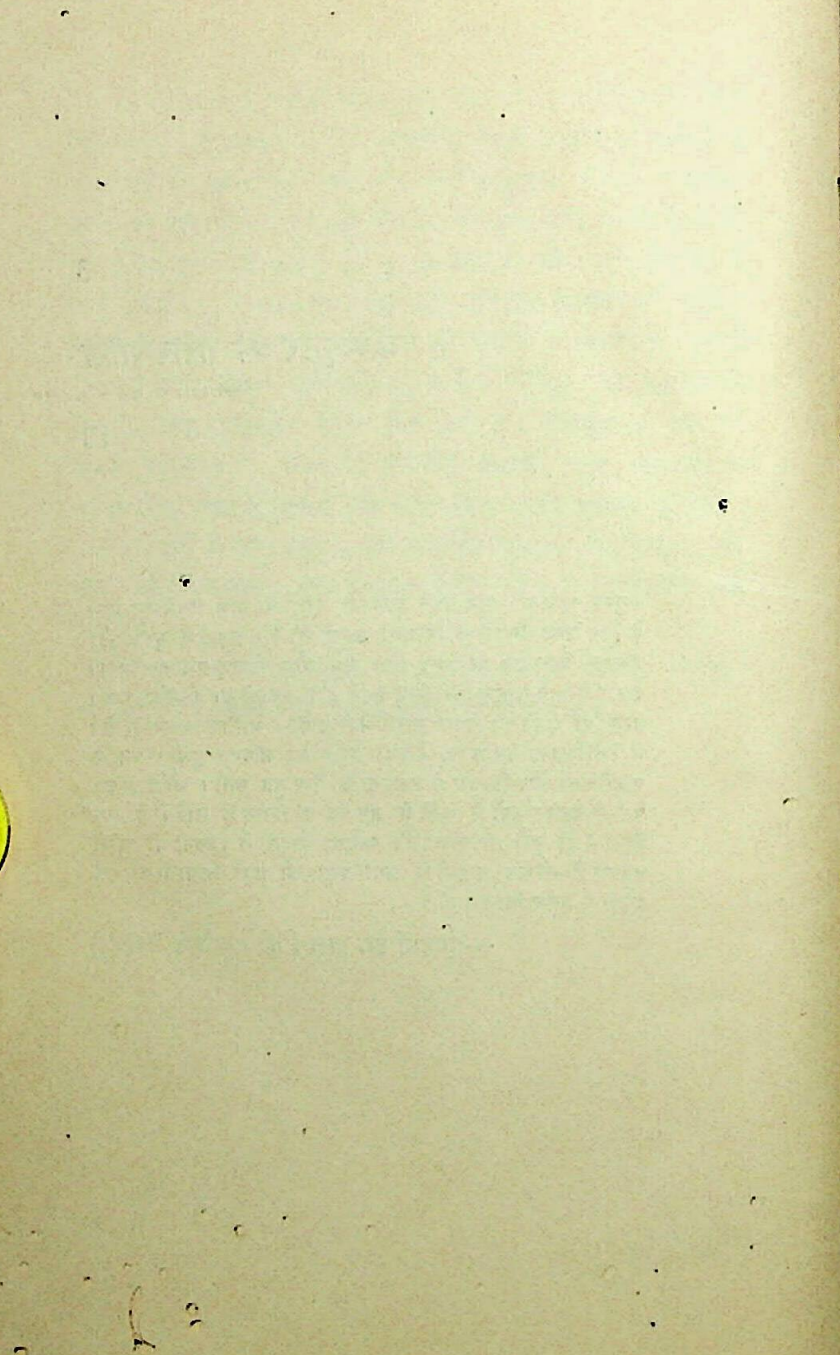
●

3

कॅम्प्यूटर का शरीर शास्त्र

□

मनुष्य पहले जो काम अपने शरीर से करता था आज उसने उन सभी के लिए अन्य विकसित विधियाँ अपना ली है। लड़ाई में मुक्के और नाख़ूनों के स्थान पर अस्त्र-शस्त्र आये और परमाणु बम तक बना। शरीर के ताप-सन्तुलन के लिए कपड़े और मकानों का निर्माण हुआ। धरती पर बैठने की बजाय कुरसी-मेज़ें आयीं। भौतिक विकास के क्षेत्र में टेलीविज़न, टेलीफ़ोन, रेडियो आदि का आगमन हुआ। श्रम के एकत्रीकरण और विस्तार में सहायता के लिए मुद्रा बनी। जो यात्रा हम पैरों से चलकर वर्षों में करते थे अब वह यातायात के साधनों से कुछ दिनों में ही पूरी हो जाती है। वस्तुतः आदमी ने जितनी भी चीज़ें बनायी हैं—वे सब आदमी के अंगों द्वारा की गयी क्रियाओं का एक प्रकार से सुलभ विस्तार ही है।

—एडवार्ड टी. हाल (दी सायलेण्ट लैंग्वेज)

कॅम्प्यूटर का शरीर शास्त्र

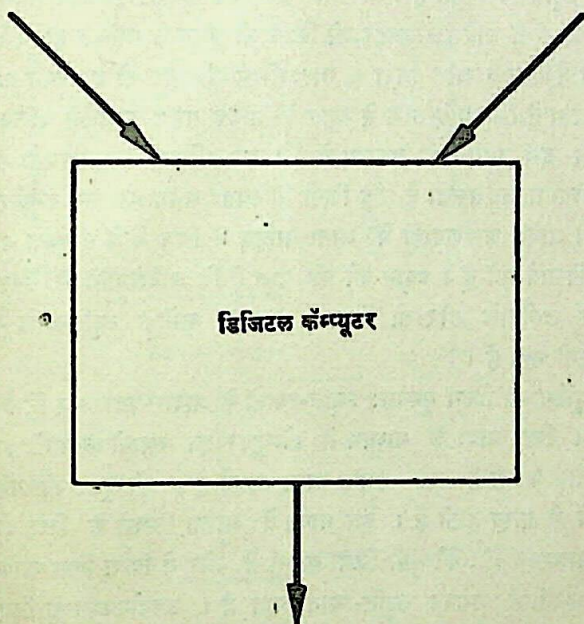
डिजिटल कॅम्प्यूटर एक ऐसा यन्त्र है जो गणना-सामग्री और उस सामग्री के प्रयोग के लिए अपेक्षित आदेश ग्रहण करता है और निर्देश के अनुसार गणना कर परिणाम प्रदान करता है। आदेश कथनों के समूह को प्रोग्राम कहते हैं। ये प्रोग्रामर द्वारा बनाये जाते हैं। प्रोग्राम में कभी-कभी तो गणना के लिए अपेक्षित प्रारम्भिक संख्याएँ (डाटा) अवस्थित होती हैं और कभी इन संख्याओं को प्रोग्राम के बाद फ़ीड किया जाता है।

साधारणतया कॅम्प्यूटर को दो भागों से निर्मित माना जा सकता है। स्मृति-भाग और केन्द्रीय नियन्त्रण-इकाई या गणना-इकाई। डाटा, आदेश, माध्यमिक और अन्तिम परिणामों को संजोये रखने के लिए स्मृति का उपयोग किया जाता है और गणना-इकाई सभी अपेक्षित गणनाओं को करती है। इन दोनों इकाइयों के मध्य सूचना का आदान-प्रदान बहुत क्षिप्र गति से होता है। किसी-किसी कॅम्प्यूटर में यह समय जिसे तकनीकी भाषा में एकसेस टाइम (पहुँच-समय) कहते हैं, सेकण्ड के लाखवें भाग के बराबर होता है। गणना-इकाई के चूँकि दो कार्य हैं अतः इसके दो भाग होते हैं। पहला नियन्त्रण-भाग जो स्मृति से आदेश को लाता है और उसे अनूदित कर ग्राह्य बनाता है। दूसरा अंकगणित-भाग जो वास्तव में गणितीय क्रियाओं को करता है। गहराई से देखने पर पता चलेगा कि नियन्त्रण इकाई के भी दो काम हैं—कॅम्प्यूटर क्रिया को नियन्त्रित करना और आदेश को ग्राह्य बनाना। इन दोनों क्रियाओं के लिए नियन्त्रणकारी और आदेशग्राही नियन्त्रणकारी-भाग एक ओर अंकगणितीय भाग को आदेश पहुँचाता है वहीं 'इन-आउट सेलेक्टर' को यह बताता है कि किन प्रश्नग्राही

और उत्तर-प्रदाता उपकरणों का प्रयोग प्रोग्राम की कार्यवाही के दौरान करना है। आदेशग्राही उत्तरोत्तर कार्य करता रहता है।

आदेशग्राही में आदेश आते हैं जहाँ उनको अनूदित किया जाता है और इस ग्राह्य रूप में आदेश को नियन्त्रणकारी में उपयुक्त क्रिया के लिए पहुँचा दिया जाता है। नियन्त्रणकारी से स्मृति-कक्ष को आदेश जाते हैं यह वताने के लिए कि किन राशियों की आवश्यकता है। अंकगणित-भाग को आदेश प्रवाह पहुँचता है कि स्मृति से ली गयी राशि को गणना करने के वाद वह स्मृति-कक्ष को लौटा दे।

स्मृति-कक्ष से सूचना को लाने और लौटाने की क्रिया को नियन्त्रण-कारी नियन्त्रित करता है। स्मृति-कक्ष एक तरह से छोटे-छोटे खानों से वने डव्वे के रूप का समझा जा सकता है। हर एक खाने का अपना निश्चित पता हाता है। इस खाने में जव चाहे किसी शव्द की सूचना अवस्थित की जा सकती है। यहाँ शव्द से अर्थ है कोई संख्या, राशि या आदेश। इन पतों को स्मृति-स्थान (मेमोरी लोकेशन) भी कहते हैं। स्मृति में सूचना सदा संख्या रूप में रहती है। इसलिए कॅम्प्यूटर को यह अनुभव कराने की व्यवस्था करना भी आवश्यक होता है कि कौन स्थान आदेश रखने के लिए है और कौन-सा गणना-सामग्री के लिए। स्थान विशेष की सूचना को कॅम्प्यूटर की नियन्त्रण-इकाई आदेश रूप में और अंकगणितीय इकाई संख्या रूप में स्वीकार करती है। हर खाने में निश्चित प्रकार की सूचना ही अवस्थित की जा सकती है। कॅम्प्यूटर द्वारा काम में लाये जानेवाले (सॉफ़्ट-वेयर के) आन्तरिक आदेश इस तरह से निर्मित किये जाते हैं कि वे स्मृति-कक्ष के पतों से अपना समुचित व्यापार कर सकने में सरःर्थ हों।

आइए, दो राशियों को जोड़ने का एक उदाहरण लेते हैं : नियन्त्रण ग्राही, एक खाने में रखी राशि को दूसरे खाने में अवस्थित राशि से जोड़ने का प्रबन्ध अंकगणितीय इकाई के माध्यम से करेगा और योग को तीसरे भिन्न खाने में स्थित कर देगा। दोनों खानों से राशियाँ अंकगणितीय

चित्र—3.1 : डिजिटल कॅम्प्यूटर की कार्य-प्रणाली

इकाई में आयेंगी । इस प्रक्रिया में वे राशियाँ मिटेंगी नहीं, उपयोग के बाद उनको वापस अपने स्थान पर लौटा दिया जायेगा । एक अर्थ में अंकगणितीय इकाई सिर्फ़ राशियों को पढ़ेगी और वे राशियाँ हमेशा आगे के कार्य के लिए उपलब्ध रहेंगी । योग तीसरे खाने में रखा जायेगा और उस खाने में यदि पहले से कोई सूचना रखी है तो वह मिट जायेगी ।

योग इत्यादि क्रियाएँ करने के लिए अंकगणित इकाई में कुछ रजिस्टरों का होना आवश्यक है। इस भाग को संग्राहक भी कहते हैं। ये एक प्रकार के स्मृति-कोश होते हैं। अन्य दो रजिस्टर आदेशग्राही-भाग में भी होते हैं। पहला है आदेश रजिस्टर जो किसी भी समय क्रियान्वित होनेवाले आदेश को सँजोता है और दूसरा है तात्कालिक रजिस्टर जो इस बात का खयाल रखता है कि स्मृति-कोश से बहुत-से आदेश ग्रहण करने की प्रक्रिया में कॅम्प्यूटर इस समय किस अवस्था में है। इस रजिस्टर की सहायता से यह पता लगाया जा सकता है कि किसी निश्चित समय पर स्मृति-कोश से कौन-सा आदेश आदेशग्राही में आना चाहिए। चित्र में ये संग्राहक या रजिस्टर दिखाये गये हैं। ध्यान देने की बात है कि आदेशग्राही में सिर्फ़ आदेश को लानेवाले तीर को दिखाया गया है, क्योंकि स्मृति-कोश में स्मृति मिटती नहीं है।

कम्प्यूटिंग की क्रिया मुख्यतः स्मृति-स्थानों के आदान-प्रदान पर निर्भर करती है। जिस भाषा के माध्यम से कॅम्प्यूटर इन स्थानों के मानों का आदान-प्रदान करता है उसे मशीन-भाषा कहते हैं। कॅम्प्यूटर को यह भाषा सीधे ही ग्राह्य होती है। इस भाषा में आदेश लिखने के लिए दो सूचनाएँ आवश्यक हैं: कौन-सी क्रिया करनी है, और ये क्रिया जिस राशि के साथ करनी है उसका स्मृति-स्थान क्या है। उपयोगकर्ता के लिए मशीन-भाषा में अपना स्वयं का प्रोग्राम लिखना कठिन और समयसाध्य होता है क्योंकि उसे स्मृति-स्थानों की एकरूपता और स्मृति स्वयं तय करनी पड़ेगी। इस समस्या के निवारण के लिए उपयोगकर्ता स्वतः प्रोग्रामवाली भाषा का प्रयोग कर सकता है। यह भाषा अँगरेज़ी भाषा से मिलती-जुलती है और प्रयोग में सरल भी है। इस भाषा में लिखा एक कथन, सम्भव है, मशीन-भाषा के कथनों के एक पूरे समूह के बराबर हो। इस भाषा को मशीन-भाषा में बदलने का काम कॅम्प्यूटर में स्थित कम्पाइलर या अनुवादक नाम का अंग करता है। कम्पाइलर उपयोगकर्ता की भाषा को मशीन-भाषा में बदलता है। इस ऑब्जेक्ट प्रोग्राम को ही

चित्र–3.2 : स्मृति इकाई, गणक इकाई, नियन्त्रक इकाई का आपसी सम्बन्ध
(गहरे तीर के निशान सूचना और हलके तीर के निशान नियन्त्रण-संकेतों के प्रवाह को दिखाते हैं)

वस्तुतः कॉम्प्यूटर एग्जीक्यूट करता है। उपयोगकर्ता की भाषा में लिखा प्रोग्राम सब्जेक्ट-प्रोग्राम या सोर्स-प्रोग्राम कहलाता है।

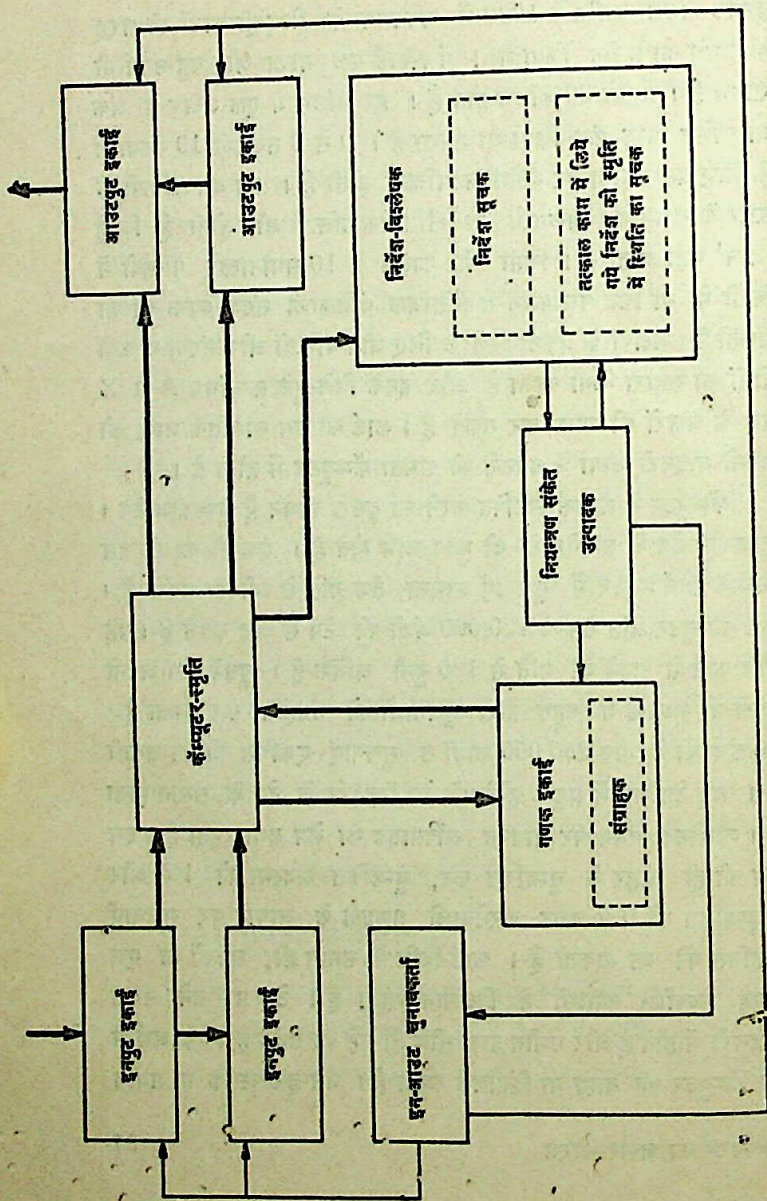
इस तरह यह स्पष्ट हो जाता है कि कॉम्प्यूटर की पूरी क्रिया-विधि थोड़ी जटिल है और इस सबके लिए एक निरीक्षक की आवश्यकता है। निरीक्षण का यह कार्य 'मॉनीटर' नामक भाग से किया जाता है। मॉनीटर स्मृति-भाग में ही अवस्थित होता है। इसमें पूरी कॉम्प्यूटर-क्रिया के निरीक्षण की क्षमता होती है। सूचना के कॉम्प्यूटर में आने को और से एक-एक कम्पाइलर की क्रिया को मॉनीटर निरीक्षित करता है। मॉनीटर सोर्स-प्रोग्राम कार्ड पढ़ता है—उसको मशीन-भाषा में बदलते हुए आवश्यक आदेशों की क्रिया को निरीक्षित करता है और पूरे प्रोग्राम के बाद नियन्त्रण ऑपरेटर को लौटा देता है। ऑपरेटर मॉनीटर को फिर अगला कार्य सौंपता है। और इस तरह कॉम्प्यूटर से प्रोग्राम हल होने का क्रम चलता रहता है।

कॉम्प्यूटर में, सभी गणनाएँ, सूचनाएँ, आदेश आदि विद्युत् संकेतों के रूप में प्रवाहित होते हैं। स्मृति-भाग में सूचना चुम्बकीय क्रोड, चुम्बकीय ड्रम, डिस्क या टेप पर सुरक्षित रहती है। कॉम्प्यूटर के सभी उपकरण द्विरूप (फ़्लिप-फ़्लॉप) विधि पर आधारित होते हैं। यन्त्रों के इन द्विरूपों को हम 0 और 1 से प्रदर्शित करते हैं। ये दो स्थितियाँ बाइनरी डिजिट या बिट कहलाती हैं और सूचना-संचयन में सहायक होती हैं। कॉम्प्यूटर की संख्या पद्धति बाइनरी होती है। वाक्यरूपों की सूचना भी बाइनरी में परिवर्तित होकर कॉम्प्यूटर के पास रहती है। कई बिटों का समूह शब्द बनाता है। आइ. बी. एम.–360 कॉम्प्यूटर में आठ बिटों का एक बाइट होता है और चार बाइट का एक पूर्ण शब्द।

कॉम्प्यूटर से सूचना का आदान-प्रदान

कॉम्प्यूटर को अपनी गणना-सामग्री ग्राह्य बनाने और उससे परिकलित उत्तर प्राप्त करने में कई साधनों का प्रयोग किया जा सकता है। पंच किये हुए कार्डों का उपयोग सरल है। ये हॉलेरिथ कार्ड कहलाते हैं। हॉलेरिथ

हरमन नामक व्यक्ति ने 1890 में जनगणना के लिए ही कार्डों की तरह की विधि का प्रयोग किया था। पंच-कार्ड एक सस्ता और बहु-उपयोगी साधन है। इसमें 80 कॉलम होते हैं। हर कॉलम में एक अक्षर या अंक या गणित चिह्न पंच किया जा सकता है। 0 से 9 तक की 10 संख्याओं के लिए दस समानान्तर क्षैतिजिक पंक्तियाँ होती हैं। इन दस पंक्तियों के ऊपर के स्थान पर अलग से दो क्षैतिजिक पंक्तियाँ और होती हैं जिन्हें 'जोन' कहा जाता है। किसी भी कालम में 10 समानान्तर पंक्तियों में किसी में भी छिद्र पंच करने से क्षैतिजिक पंक्तिवाली संख्या व्यक्त की जा सकती है। अक्षरों के प्रकटीकरण के लिए जोन-पंक्तियों और संख्या-पंक्तियों दोनों का सहारा लेना पड़ता है और इनके मिले-जुले क्रमसंचय A से Z तक के अक्षरों को व्यक्त कर सकते हैं। कार्ड की इस सांकेतिक भाषा को अपनी बाइनरी भाषा में बदलने की क्षमता कॅम्प्यूटर में होती है।

कॅम्प्यूटर से सम्पर्क स्थापित करने का दूसरा साधन है चुम्बकीय टेप। चुम्बकीय टेप के उपयोग से दो मुख्य लाभ होते हैं। एक तो यह कि इस माध्यम से कॅम्प्यूटर में सूचनाएँ अत्यन्त तेज़ गति से दी जा सकती हैं। कुछ कॅम्प्यूटर प्रति सेकण्ड 120,000 अंकों को टेप से पढ़ सकते हैं। यह गति कार्ड से पढ़ने की गति से 100 गुनी अधिक है। दूसरे, टेप अपनी छोटी-सी लम्बाई में बहुत सारी सूचनाओं को संग्रहीत कर सकता है' 10 इंच की टेप पर 250,000 कार्डों से सूचनाएँ एकत्रित की जा सकती हैं। यह टेप घर में प्रयुक्त होनेवाले टेप रिकॉर्डर के टेप के समान होता है। प्लास्टिक रिबन पर आयरन ऑक्साइड का लेप लगा रहता है। इस लेप को ही बाहर से चुम्बकित कर, चुम्बकित अवस्था को 1 से और अचुम्बकित को 0 से प्रकट करनेवाली प्रणाली के आधार पर सूचनाएँ एकत्रित की जा सकती हैं। कार्ड-विधि के समान ही, संकेतों का एक समूह ऊर्ध्वाधर कॉलमों में विद्यमान रहता है। टेप पर बने संकेत बाइनरी में होते हैं और मशीन द्वारा सीधे ही पढ़े जा सकते हैं। एक अर्थ में टेप कॅम्प्यूटर की बाह्य या द्वितीयक स्मृति है। जैसे हम पुस्तक का प्रयोग

चित्र–3.3 : सूचकों की स्थितियाँ और सूचना का प्रवाह

अपनी स्मृति से बाहर की बातों के लिए करते हैं, वैसे ही कॉम्प्यूटर के लिए चुम्बकीय टेप का माध्यम एक वाह्य पुस्तकालय का रूप रखता है। चुम्बकीय टेप अपेक्षाकृत सस्ता होता है और बार-बार स्मृति (मिटाकर इरेज़ कर) प्रयुक्त किया जा सकता है।

चुम्बकीय टेप की तरह पेपर-टेप भी एक साधन है जिसका उपयोग कॉम्प्यूटर से सूचना के आदान-प्रदान के लिए किया जा सकता है। कार्डों की तरह ही पेपर टेप में छेद गिराकर जानकारी संग्रहीत की जाती है यही कारण है कि पेपर टेप उतनी जल्दी कॉम्प्यूटर द्वारा चुम्बकीय टेप की भाँति जल्दी नहीं पढ़ा जा सकता और न ही बार-बार प्रयुक्त किया जा सकता है।

चुम्बकीय स्याही का भी प्रयोग कॉम्प्यूटर को अपनी गणना-सामग्री और आदेश ग्राह्य बनाने के लिए किया जाता है। इस स्याही में लिखे सन्देश मशीन और मानव दोनों के द्वारा पढ़े और समझे जा सकते हैं।

कॉम्प्यूटर से सूचनाएँ प्राप्त करने का सबसे बढ़िया उपाय है—उच्च गतिवाला प्रिण्टर। टाइपराइटर की तरह प्रिण्टर से एक बार में एक अक्षर न छापकर एक बार में ही पूरी की पूरी लाइन ही छाप दी जाती है। कुछ प्रिण्टरों की छापने की गति प्रति मिनट 1200 लाइनें होती हैं। एकाउण्ट और स्थिति की गणना के परिणाम छापने के लिए लाइन-युक्त काग़ज़ का प्रयोग किया जाता है। पर अधिकतर सादे काग़ज़ पर ही छपाई की जाती है। इस पर प्रोग्रामर अपनी इच्छानुसार उपयुक्त फ़ारमेट से प्रिण्टिंग करा सकता है। इस छपी कॉपी को हार्ड कॉपी कहते हैं; क्योंकि यह इस रूप में होती है कि उपयोगकर्ता उसे सीधे ही समझ सके।

कॉम्प्यूटर-नियन्त्रण के लिए परिधीय उपकरणों की एक श्रृंखला होती है। एक टाइपराइटर होता है जो कॉम्प्यूटर से सीधे ही संयुक्त होता है और इसे कन्सोल कहते हैं। इस कन्सोल के माध्यम से उपयोगकर्ता इच्छानुसार कॉम्प्यूटर को निर्देश दे सकता है; और इसी माध्यम से कॉम्प्यूटर द्वारा छोटे-छोटे उत्तर प्राप्त कर सकता है। अन्य कई वल्व, स्विच इत्यादि होते

हैं; जो कॅम्प्यूटर से सम्पर्क बनाये रखने में सहायता देते हैं। परिधीय उपकरणों में ही कैथोड किरण नलिका भी एक उपकरण है जिसके परदे पर कॅम्प्यूटर के स्मृति-कक्ष से गणनाएँ इच्छानुसार दृश्य रूप में लायी जा सकती हैं। कंसोल से ही मिलता-जुलता एक टेलीटाइप भी होता है। ऊपर वर्णित सभी परिधीय उपकरण रिमोट-प्रोसेसर (दूर बैठे उपयोग-कर्ता) के कक्ष में भी हो सकते हैं, सिर्फ़ कन्सोल कॅम्प्यूटर-केन्द्र पर ही होता है। इसकी सहायता से एक पूरा प्रोग्राम का प्रोग्राम कॅम्प्यूटर की स्मृति में पहुँचाया जा सकता है।

चुम्बकीय टेप के अतिरिक्त चुम्बकीय डिस्क भी सूचनाएँ संग्रहीत करने का एक उपकरण है; जिसको सूचना, गणना या आदेश के आदान-प्रदान के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है। इस डिस्क में वस्तुतः ग्रामोफ़ोन रिकॉर्ड सरीखी चकरियाँ होती हैं जिनको चुम्बकित कर सूचनाएँ एकत्रित की जा सकती हैं। इसका प्रयोग टेप के समान ही है, पर एक तो यह अपेक्षाकृत ज्यादा सूचनाएँ संग्रहीत कर सकती है, दूसरे इसकी गति भी चुम्बकीय टेप की अपेक्षा अधिक होती है। चुम्बकीय डिस्क से ही मिलता-जुलता एक और ज्यादा प्रभावशाली और गतिशील यन्त्र चुम्बकीय ड्रम है।

सूचना के आदान-प्रदान के सन्दर्भ में 'ऑप्टिकल स्कैनर' नामक सह-योगी और ऐच्छिक उपकरण का वर्णन उपयुक्त होगा। ये उपकरण सीधे ही अंकों और अक्षरों को पढ़ सकते हैं और कॅम्प्यूटर कोड में अनूदित करने की परेशानी से मुक्त करते हैं। ऑप्टिकल स्कैनर में प्रकाशविद्युत् सेल होते हैं जो सामग्री को स्कैन करते और संकेतों को विद्युत् सिग्नल में बदलकर कॅम्प्यूटर की स्मृति में भेज देते हैं। स्मृति-कक्ष में ये सिग्नल, पहले से ही अवस्थित मानव पैटर्नों से तुलना करके पहचाने जाते हैं। इन स्कैनरों का जैसे-जैसे विकास होता जायेगा कॅम्प्यूटर का उपयोग उतना ही सुगम होता जायेगा अर्थात् उपयोगकर्ता कॅम्प्यूटर से वार्तालाप उतनी ही सुगमता से कर सकेंगे।

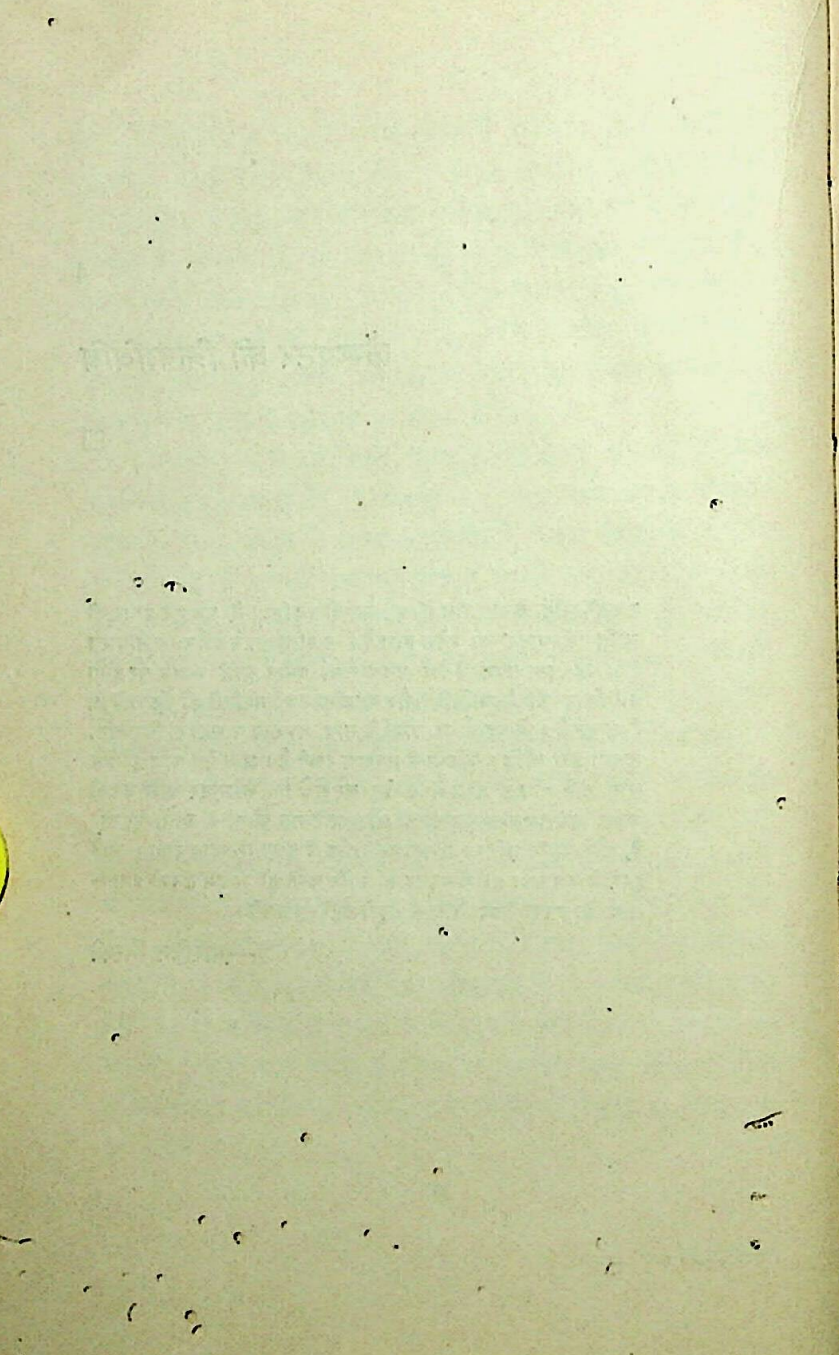
•

4

कॅम्प्यूटर की क्रियाविधि

□

एक ही पीढ़ी के अन्तराल में इस मानवीय दुनिया में एक नये प्रकार की जाति 'कॅम्प्यूटर' का प्रवेश हुआ है। न इतिहास, न दर्शन, न साधारण बुद्धि यह बता सकती है कि उनका कैसा प्रभाव हमारे जीवन पर होगा क्योंकि उनकी क्रियाविधि और नवजागरण की मशीनों की क्रियाविधि में अन्तर है। वे पदार्थ या ऊर्जा के साथ सम्बन्ध न रखकर नियन्त्रण, सूचना और बौद्धिक प्रक्रिया से सम्बन्ध रखते हैं। आज ऐसे बहुत ही कम लोग होंगे जो इस तथ्य में सन्देह कर सकें कि कॅम्प्यूटर और उनकी जाति अप्रतिम गति से कुशलता और जटिलता की ओर प्रगति कर रही है, और उनका भविष्य के समाज-निर्माण में मुख्य योगदान होगा। चाहे हममें से कम लोग ही कॅम्प्यूटर का प्रयोग करते हों पर हम उनकी प्रभाव-छाया से, उनकी क्रियाविधि से अछूते नहीं रह सकते।

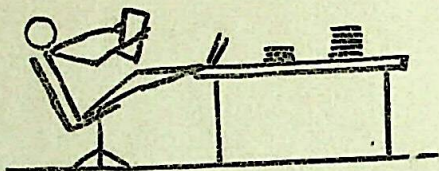
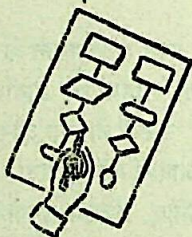
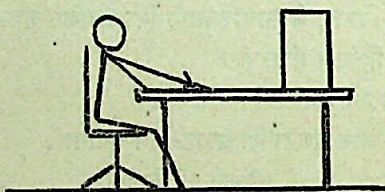
—मारविन मिस्की

कॅम्प्यूटर की क्रियाविधि

किसी भी समस्या या प्रश्न के समाधान के लिए कोई भी उपयोग-कर्ता तभी किसी कॅम्प्यूटर की सुविधा का उपयोग कर सकता है, जब वह समस्या को खुद सरल कर उसको तार्किक और एक के बाद एक आदेश रूप में लिख सके। इन आदेशों की योजना और उनका विकास एक निश्चित विधि से करना चाहिए, जिससे उपयोगकर्ता अपनी समस्या को कॅम्प्यूटर के लिए संक्षिप्त तर्कयुक्त और स्पष्ट आदेशों के रूप में प्रस्तुत कर सके।

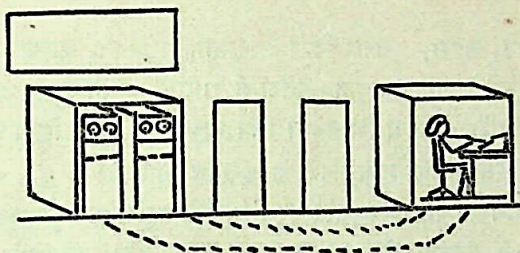
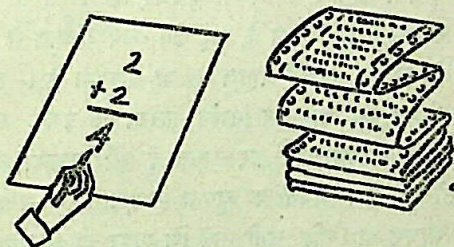
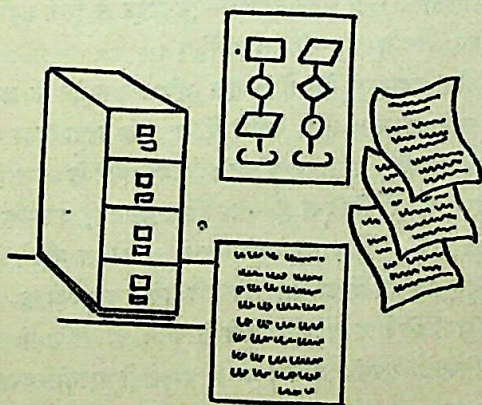
प्रोग्राम के विकास में साधारणतया निम्नलिखित अवस्थाओं से गुजरना विवेकयुक्त और हितकर होता है।

1. समस्या का विश्लेषण करना
2. सूचना और गणना का प्रवाह-चित्र बनाना
3. कॅम्प्यूटर-भाषा में समस्या को लिखना
4. प्रोग्राम को कार्ड पर पंच करना
5. प्रोग्राम को कॅम्प्यूटर पर चलाकर उसकी अशुद्धियाँ दूर करना
6. समस्या के उत्तर की जाँच करना
7. प्रोग्राम की रिपोर्ट लिखना

समस्या-विश्लेषण

समस्या-विश्लेषण का अर्थ है कि कैसे अपने प्रश्न या अपनी समस्या को उचित विधि से विवेचित करें और कैसे उसको सरल करें। इसके लिए आवश्यक है—कोई कार्य-विधि सोचना, समस्या को समझना,

(i) समस्या का विश्लेषण

(ii) फ्लो चार्ट बनाना

(iii) कोडिंग

(vi) की-पंचिंग

चित्र–4.1 : कॉम्प्यूटर प्रोग्राम लिखकर तैयार करने की विभिन्न क्रियाएँ

(v) प्रोग्राम को रन करना

(vi) जाँच

(vii) डाक्यूमेण्टेशन

चित्र–4.1 : कॅम्प्यूटर प्रोग्राम लिखकर तैयार करने की विभिन्न क्रियाएँ

परिभाषित करना, उत्तर-विधि समझना, बहुत-सी सम्भावनाओंवाली स्थितियों को जानना, प्रयुक्त होनेवाली राशियों को निश्चित करना और यह भी निश्चित करना कि उनको किस माध्यम से प्रयोग किया जाये। ये सब कार्य समस्या-विश्लेषण क्रिया के अन्तर्गत आते हैं।

प्रोग्राम को वास्तविक तौर पर लिखने से पहले यह बहुत आवश्यक है कि हम उस समस्या को सरल करने की विधि और उस विधि में प्रयुक्त एक-एक कर सभी भागों को सही रूप से जान लें। तकनीकी भाषा में इसे 'एलगोरिथ्म' बनाना कहते हैं। कल्पना कीजिए कि बम्बई का कोई निवासी मद्रास जाना चाहता है। समस्या है, वह कैसे जाये ? बहुत से जवाब हैं—कार से, बस से, ट्रेन से, हवाई जहाज़ से या जलयान से। कोई कौन-सा साधन चुनता है यह इस बात पर निर्भर करेगा कि उसके पास कितना समय है, वह कितना रुपया खर्च कर सकता है और उसका रास्ते में कोई और उद्देश्य तो नहीं है। साधनों का चुनना ही एलगोरिथ्म बनाना कहलाता है। एक बार साधन या विधि चुनी नहीं कि यात्रा की अन्य सब आवश्यक तैयारी—रिज़र्वेशन, जाने-पहुँचने का समय, किराया इत्यादि, सब ज्ञात किया जा सकता है। तो समस्या थी—एक शहर से दूसरे शहर जाने की। साधन चुनिए और समस्या को हल कीजिए।

एक और उदाहरण लेते हैं : एक आदमी महीने के अन्त में अपना बैंक-बैलेंस जानना चाहता है। महीने में वह कुछ रुपया जमा भी करता है और चेक द्वारा कुछ निकालता भी है। अब महीने के अन्त में बचे रुपयों को ज्ञात करने की दो विधियाँ हैं—या तो साथ-साथ, जमा किये रुपयों को जोड़ते जाओ और निकाले रुपयों को घटाते जाओ या महीने के अन्त तक जमा किये हुए सब रुपयों को और निकाले गये सब रुपयों को अलग-अलग जोड़ो और जमा किये रुपयों को महीने के पहले की राशि में जोड़कर कुल योग में से निकाले रुपयों को घटा दो। दोनों ही एलगोरिथ्म या विधियाँ इस समस्या का हल निकालने में सक्षम हैं। एक बार जहाँ विधि का चुनाव किया, वास्तविक हल करने की क्रिया की जा सकती है; और प्रश्न

का उत्तर प्राप्त किया जा सकता है ।

हर प्रोग्रामर को अपनी हर समस्या के लिए एल्गोरिथ्म चुननी पड़ती हैं। कुछ प्रोग्राम सरल होते हैं—गणना की एक सीधी शृंखला पूरी करो और उत्तर पाओ। ज्यादातर प्रोग्राम अपनी रचना में जटिल होते हैं। उनमें क्रियाओं की शाखाएँ, पुनरावृत्ति, तुलनाएँ और निर्णय लेने के विभिन्न पथों का समावेश होता है। इन सब पथों का प्रारूप सोचना समस्या-विश्लेषण के अन्तर्गत आता है।

समस्या का प्रवाह-चित्र

गति और क्रिया का विधान और दिशा एक बार समझ में आ जाने पर उस विधान को क़ाग़ज़ पर एक प्रवाह-चित्र के रूप में लिखा जाता है। मुख्य-मुख्य क्रियाओं की आवृत्ति और शृंखला दिखाना और उनके आपसी सम्बन्ध को (कि इस क्रिया के बाद यह क्रिया होगी) तीरों द्वारा एक आलेख-चित्र के ढंग से दिखाना इस प्रक्रिया का उद्देश्य होता है। पूरी समस्या छोटे-छोटे भागों में बँट जाती है और स्पष्ट विधान दृश्यमान रूप से उपयोगकर्ता के सामने आ जाता है, जिससे उस प्रवाह-चित्र को आधार बनाकर वह पूरे प्रोग्राम का लॉजिक समझ ले और प्रोग्राम के हर पद को प्रोग्रामिंग की भाषा में कोड करने (लिखने) की ओर अग्रसर हो सके।

मकान के नक़्शे की तरह प्रवाह-चित्र समस्या की प्रस्तावित सरलीकरण विधि को (प्लान-निर्माण को) दर्शाता है। प्रोग्रामर के लिए यह एक उपयोगी अस्त्र है। इसके माध्यम से वह अनिश्चितता की सम्भावना को, चिन्तन की अस्थिरता को दूर कर अपने लिए रास्ता साफ़ बनाता है, आवश्यक बातें अनावश्यक तथ्यों से मुक्त हो जाती हैं। प्रवाह-चित्र क्रिया-विधान और तर्कधारा के सूचक हैं। इससे प्रोग्रामर विभिन्न विधियों और समतुल्य ऐच्छिकता की तुलना कर समय और प्रयत्न-शक्ति की बचत कर सकता है।

प्रोग्रामर, उपयोगकर्ता, ऑपरेटर, शिक्षक, शिक्षार्थी सबको एक दूसरे

को समझने का अवसर प्रवाह-चित्र देता है। यह उनके मध्य संचारण-व्यवस्था है।

प्रवाह-चित्र को क्षैतिजिक बायें-दायें या ऊर्ध्वाधर ऊपर से नीचे खींचा जाता है। यह एक पृष्ठ में भी आ सकता है और दर्जनों पृष्ठों को भी घेर सकता है। दो प्रकार के प्रवाह-चित्र सम्भव हैं। एक वह जिसमें पूरे प्रोग्राम को विहंगम दृष्टि से दिखाकर केवल उसकी मुख्य-मुख्य बातों को ही दर्शाया गया हो। वहाँ विस्तार नहीं होता, केवल प्रोग्राम को एक नज़र से देखकर उसकी लॉजिक समझी जा सकती है। यह क्रिया किसी देश के नक़्शे में दिखाये मुख्य-मुख्य शहरों के यातायात-पथों के समान है जिसमें स्थानीय मुहल्लों का ज़िक्र नहीं होता। इसे सिस्टम-फ़्लो-चार्ट कहते हैं। दूसरा प्रकार है प्रोग्राम-फ्लो-चार्ट का, जिसमें समस्या हल करने में प्रयुक्त हुए हर पद को विस्तार से दिखाया जाता है। यह समस्या का सूक्ष्म दर्शन है। यह अपने आपमें पूर्ण होता है। कुछ भी अनुमान नहीं लगाना होता। सभी प्रावधानों का साफ़-साफ़ अंकन इसमें पाया जाता है। सिस्टम-फ्लो-चार्ट में अधिक विस्तार दिखाना तर्क-प्रवाह को दबाना है और प्रोग्राम-फ्लो-चार्ट में कम विस्तार दिखाना अनिश्चितता और अशुद्धि को बढ़ाना है।

प्रवाह-चित्र एकदम स्पष्ट, क्रमबद्ध, तर्कयुक्त और सही होना चाहिए। तर्क की सत्यता मुख्य बात है क्योंकि अगर प्रवाह-चित्र सुन्दर बनाया गया पर उसकी तर्क-क्रिया ग़लत है तो उससे लाभ नहीं उठाया जा सकता। अच्छे और मानक उपयोग के लिए प्रवाह-चित्र बनाते समय कुछ संकेत-चित्रों का प्रयोग किया ज़ाता है।

संकेतों को सीधी रेखाओं से जोड़ा जाता है। तीर, प्रवाह की दिशा को दर्शाता है। संकेतों के अन्दर पाठ्य-सामग्री दी जाती है जो पढ़नेवाले को यह बताती है कि इस स्थल पर किस राशि के साथ कौन-सी क्रिया होगी। संकेत केवल यही बताता है कि यहाँ गणना होगी या निर्णय लिया जायेगा। पर क्या गणना होगी, कौन-सा निर्णय लिया जायेगा, यह पाठ्य-

सामग्री ही दर्शा सकती है। प्रोग्राम में कहीं भी अण्डे की आकृति बनाकर अतिरिक्त नोट लिखे जा सकते हैं। सामान्यतः अण्डे के रूप को टूटी हुई लाइनों द्वारा व्यक्त किया जाता है। निर्णय की आकृति के बाद दं। पथों के साथ 'हाँ' और 'ना' भी लिखा जाना चाहिए।

कोडिंग

प्रोग्राम को जब निश्चित पदों में व्यक्त कर लिया जाता है तब प्रोग्राम के हर पद को कॅम्प्यूटर की भाषा में लिखना होता है। इसके लिए किसी एक प्रोग्रामिंग भाषा के आधार पर कोडिंग शीट पर निर्देश लिखे जाते हैं।

कोडिंग वह क्रिया है जिसके द्वारा अँगरेज़ी में लिखे प्रश्न या प्रवाह-चित्र के रूप में लिखित समस्या को कॅम्प्यूटर-भाषा, जैसे फोर्ट्रान में अनूदित किया जाता है। यह कोड की-कार्ड पंचिंग में सहायता देता है। हर कॅम्प्यूटर का कम्पाइलर किसी विशेष भाषा को ही स्वीकार करता है। उसी भाषा में प्रोग्राम लिखा होना चाहिए और किस भाषा का उपयोग किया गया इसका भी निर्देश होना चाहिए।

प्रोग्रामर को कोडिंग करते समय कॅम्प्यूटर के लिए कई तरह के निर्देश देने होते हैं—जिस संख्या को पढ़ना है वह कैसी राशि है, कितने आकार की है, कार्ड पर किस खाने में अवस्थित है, कोई उत्तर या प्रिंटिंग होनी है तो किस रूप में होनी है। हर गणना को पूरी तरह पूर्ण विस्तार से परिभाषित करना, आदेश को द्विविधारहित ढंग से क्रम से लिखना आवश्यक है। यह काम प्रयुक्त भाषा के नियम और उचित तर्क की सहायता से किया जाता है। कॅम्प्यूटर को अँगरेज़ी में यह नहीं लिखा जा सकता कि यह करो और उत्तर दो (शायद भविष्य में यह सम्भव हो), वरन् निश्चित स्टाइल में उसे लिखना होता है। कोडिंग की एक बहु-प्रचलित भाषा फोर्ट्रान का विस्तृत अध्ययन हम अगले अध्याय में अलग से करेंगे।

प्रोग्राम शीर्षक : कोड किये प्रोग्राम का शीर्षक रखना होता है। यह

शीर्षक या नाम प्रोग्राम का सबसे पहला 'आदेश कथन' होता है। नाम विभिन्न प्रोग्रामों को अलग करता है और कभी-कभी उस प्रोग्राम के विषय में सांकेतिक सूचना भी देता है। प्रोग्रामर प्रोग्राम के लम्बे शीर्षक से अधिकतर एक-एक अक्षर लेकर उसका संक्षिप्त रूप बना लेते हैं। इस प्रोग्राम के नाम को कोडिंग-शीट पर और पंच की हुई कार्डों की गड्डी पर फ़ेल्ट टिप पेन से लिखना भी हितकर होता है।

कोडिंग फ़ॉर्म : आदेश वैसे तो सादे कागज़ पर भी लिखे जा सकते हैं और पंच किये जा सकते हैं पर ज्यादातर प्रोग्रामर लाइनदार फ़ॉर्मों का प्रयोग करते हैं जिनपर कार्ड की तरह कॉलम संख्याएँ लिखी रहती हैं और पंचिंग आसान बन जाती है। इस फ़ॉर्म पर लिखी हर आदेश-पंक्ति के लिए एक कार्ड पंच कर पूरे प्रोग्राम की पंच किये हुए कार्डों की गड्डी बना ली जाती है। यह हमारा सोर्स-प्रोग्राम है जिसको कार्ड-रीडर में फ़ीड कर कॅम्प्यूटर की स्मृति में पहुँचाया जायेगा और वहाँ अवस्थित कम्पाइलर नामक अनुवादक इस सोर्स-प्रोग्राम को मशीन के लिए ग्राह्य, मशीन-प्रोग्राम में बदलेगा।

कोडिंग-फ़ॉर्म (या कोडिंग-शीट) ज्यादातर फ़ुलस्केप आकार के होते हैं, पृष्ठ की चौड़ाई में लाइनें खिंची रहती हैं। हर लाइन में 80 कॉलम होते हैं। इन लाइनों के ऊपर थोड़ी-सी जगह प्रोग्राम-शीर्षक, प्रोग्रामर के नाम, पंचिंग करने के लिए आदेश और पृष्ठ-संख्या लिखने के लिए छूटी रहती है। कॅम्प्यूटर के कम्पाइलर इस तरह से बने होते हैं कि उसके निश्चित कॉलम एक निश्चित प्रकार की ही सूचना की अपेक्षा रखते हैं। इसलिए कोडिंग-शीट और फिर पंचिंग-कार्ड पर उसी विशेष ढंग से अपने आदेश को लिखना होता है। कॉलम के लिखने के सम्बन्ध में प्रचलित नियम इस प्रकार हैं :

कॉलम 1 : यह कॉलम C अक्षर के साथ तभी प्रयोग किया जाता है जब हमें प्रोग्राम में किसी स्थल पर शब्दों-वाक्यों में कोई नोट लिखना हो। कम्पाइलर C अक्षर को देखकर उस कार्ड को अनूदित नहीं करता

पर जब पूरे प्रोग्राम की लिस्ट प्रिण्ट होकर आती है तो यह नोट उसमें प्रिण्टेड रहता है। C कमेण्ट का सूचक है, जिसे प्रोग्रामर अपनी या किसी अन्य उपयोगकर्ता की सहूलियत के लिए लिखता है। इसका प्रोग्राम गणना से, या गणना-क्रिया में कोई सहयोग नहीं होता।

कॉलम 1 से 5 : इनमें कथन-संख्या लिखी जाती है। जिन कथनों को प्रोग्राम में सन्दर्भित किया जाता है उनकी कथन संख्याएँ होती हैं। नियम के अनुसार कॉलम 1 से 5 में कोई सूचना, आदेश, गणन-क्रिया (सिवाय कमेण्ट-कार्ड को छोड़कर) नहीं लिखी जा सकती। यदि कथन का कथन-क्रमांक है तो वह लिखिए, नहीं तो ये कॉलम खाली छोड़ दीजिए। इससे यह भी स्पष्ट है कि पाँच अंकों से बड़ी कथन-संख्या नहीं हो सकती।

कॉलम 6 : जब कोई कथन इतना लम्बा होता है कि एक पंक्ति में नहीं आता, तो उसे उससे अगली पंक्तियों में लिखा जाता है। कम्पाइलर को यह दर्शाने के लिए कि अगली पंक्ति स्वतन्त्र कथन नहीं वरन् पहली के ही सातत्य में है, कॉलम 6 में 1, 2, 3 इत्यादि अंकों या किसी अन्य चिह्न (जितने सातत्य कथन हो उसके अनुसार) का प्रयोग किया जाता है। स्वतन्त्र कथनों के लिए इस कॉलम में कोई अंक या चिह्न नहीं लिखना चाहिए। अधिक से अधिक कितने सातत्य कथन प्रयोग किये जा सकते हैं यह कॅम्प्यूटर के कम्पाइलर की क्षमता पर निर्भर करता है।

कॉलम 7 से 72 : 7 से 72 कॉलमों में फोट्रान भाषा के कथन लिखे जाते हैं। इन्हीं कॉलमों में रीड, राइट—जैसे आदेश लिखे जाते हैं। एक कॉलम में एक ही अंक, अक्षर या चिह्न लिखा जा सकता है। कोई कथन क्रमांक यहाँ नहीं लिखा जा सकता।

कॉलम 73 से 80 : ये आइडेण्टिटी कॉलम यां परिचय-कॉलम होते हैं। इन आठ कॉलमों को कम्पाइलर प्रयोग में नहीं लाता और इन कॉलमों में पंच की हुई सूचना की परवाह नहीं करता। केवल प्रोग्रामर अपनी सहूलियत के लिए और यह पहचानने के लिए कि किस प्रोग्राम का यह कौन-से क्रमांक का कार्ड है इसके परिचय के रूप में प्रोग्राम के पहले

अक्षर और क्रमांक के अंक को पंच कर लेता है। प्रोग्राम की लिस्टिंग में ये क्रमांक संख्याएँ छपकर आती हैं। क्रमांक का लिखना क्रियाओं को सरल बनाता है। जैसे—मान लीजिए, कार्ड की गड्डी गिर गयी, तब कार्डों को फिर क्रमांक से लगाना या किसी विशेष कार्ड में कोई ग़लती रह गयी हो तो झट क्रमांक को देखकर गड्डी से उस कार्ड को निकाल लेना और उसे ठीक कर देना।

कोडिंग के समय उपयोग में लाये जानेवाले कुछ नियम

1. हर प्रोग्राम में सबसे पहले कुछ कमेण्ट लिखना कि यह प्रोग्राम किसके बारे में है, सुगम रहता है।
2. कोडिंग करते समय बीच-बीच में कुछ लाइनें छोड़ देनी चाहिए (क्रमांक संख्या भी) जिससे अगर बाद में कुछ और बीच में जोड़ना हुआ तो उसके लिए प्रावधान रहे।
3. कथन-क्रमांक एक से पाँचवें कॉलम तक दायीं से बायीं ओर लिखना चाहिए।
4. पहले कथन-क्रमांक 10, 20, 30 इत्यादि संख्याओं से लिखना हितकर रहता है। ताकि यदि बाद में कुछ कथन-क्रमांक बढ़ाने की आवश्यकता हो तो बीच की अन्य संख्याओं का प्रयोग किया जा सके।
5. शून्य और अँगरेज़ी के 'O' अक्षर तथा संख्या 2 और अक्षर Z के मध्य अन्तर करने के लिए 'O' और ज़ेड के मध्य एक लाइन खींच दी जाती है।
6. अक्षर 'I' को सिरे बाँधकर और अंक एक बिना सिरे के लिखा जाता है।

पाँचवां नियम कभी-कभी किन्हीं कॅम्प्यूटर केन्द्रों पर उलटा भी व्यवहार में लाया जाता है। यहाँ पर कुछ और उपयोगी बातें दी जा रही हैं जिनका कड़ा पालन आवश्यक नहीं है। ये सुझाव मात्र हैं :

1. फ़ॉरमेट कथनों का कथन-क्रमांक हज़ारों में (1000, 2000) रखिए। प्रोग्राम के सभी फ़ॉरमेटों को प्रोग्राम के प्रारम्भ में या अन्त में एक स्थल पर रखना भी अच्छा रहता है।
2. यदि किसी कार्ड को आपने पूरी तरह तैयार प्रोग्राम में बदला है तो उस कार्ड या उन कार्डों को कॉलम 73 से 80 में नये आइडेण्टिटी क्रमांक देकर रखिए।
3. प्रारम्भ में प्रोग्राम को सरल ही बनाइए। फ़ॉरमेट कथनों को भी बाद में लिखिए।
4. एक-जैसी क्रियाओं और सूचनाओं को समूहों में लिखने से अशुद्धि दूर करने में सुविधा रहती है।
5. जिस कॅम्प्यूटर का आप प्रयोग कर रहे हैं उसकी निर्देश-पुस्तिका से सही तरह मालूम कर लीजिए कि कितनी बड़ी राशियाँ उसको ग्राह्य हैं, उसकी स्मृति कितनी है, उसकी स्मृति में कौन-कौन-से फंक्शन हैं। जॉब-कण्ट्रोल कार्ड का अनुशासन और ग़लतियों को दर्शानेवाली भाषा का अर्थ भी कॅम्प्यूटर केन्द्र की पुस्तिका बतायेगी। एक कॅम्प्यूटर की फोर्ट्रान मैनुअल दूसरे कॅम्प्यूटर की फोर्ट्रान मैनुअल से थोड़ी भिन्न हो सकती है। कम्पाइलर की सीमाएँ और कॅम्प्यूटर केन्द्र पर प्राप्त अतिरिक्त सुविधाओं की एक लिस्ट बनाकर अपने पास रखना भी अच्छा रहता है।

कोडिंग के बाद प्रोग्राम को पंचिंग के लिए देने के पहले निम्नलिखित बातों पर फिर ग़ौर कर लीजिए। इससे पंचिंग का परिश्रम बचेगा।

1. क्या प्रोग्राम की लॉजिक सही है? ऐसा तो नहीं कि प्रोग्राम के लिए कहीं रास्ता रुक जाता हो?
2. क्या प्रोग्राम का नाम और कमेण्ट-कार्ड पर्याप्त हैं?
3. चलराशियों के नाम क्या उपयुक्त सीमा में हैं? उनमें कोई चिह्न तो नहीं है? वे अंकों से तो प्रारम्भ नहीं हो रहे?
4. क्या डाटा के अनुकूल फ़ॉरमेट है?

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ 0123456789

STATEMENT NO. | CONT. | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

FORTRAN CODE CARD

IBM 1154 PRINTED AT BOMBAY, INDIA

चित्र 4.2 : एक पंच किया हुआ कँम्प्यूटर कार्ड

5. क्या प्रोग्राम में अन्तिम (एण्ड) कार्ड है ?
6. कहीं कोई कथन कॉलम 6 से तो प्रारम्भ नहीं हो रहा ?
7. क्या कॉमा और कोष्ठक ठीक हैं ?
8. प्रिण्ट करने का जो फ़ॉरमेट है वह कहीं पृष्ठ से बड़ा तो नहीं है या जिस राशि को प्रिण्ट करना है उससे छोटा तो नहीं है ?
9. कोई प्रिण्टिंग-क्रिया बेकार में किसी 'डू लूप' में बार-बार तो नहीं हो रही ?

प्रोग्राम की पूरी कोडिंग ठीक करने के बाद हर कॅम्प्यूटर केन्द्र अपने कम्पाइलर और जॉब रन करने की नीति के अनुसार प्रोग्राम के आगे-पीछे कुछ और कार्डों की माँग करता है। कॅम्प्यूटर केन्द्र से वे तीन-चार कार्ड ज्ञात किये जा सकते हैं। उनके बिना कॅम्प्यूटर प्रोग्राम को स्वीकार नहीं करता। कुछ प्रचलित कार्ड हैं :

जॉब कार्ड : इसमें कॅम्प्यूटर केन्द्र द्वारा अपने प्रयोगकर्ता को दिया गया नम्बर, प्रयोगकर्ता का नाम और प्रोग्राम की रनिंग के लिए आवश्यक अनुमानित समय की सूचना रहती है। जॉब नम्बर के आधार पर ही केन्द्र रुपयों का बिल भेजता है। यह कार्ड केन्द्र को आपकी गड्डी को पहचानने में भी सहायता देता है।

कम्पाइलर कार्ड : इसमें यह बताना होता है कि किस भाषा का प्रयोग किया गया है। प्रोग्राम की लिस्टिंग चाहिए या नहीं।

ये दोनों कार्ड प्रायः प्रोग्राम के पहले होते हैं। और दोनों कार्डों के बाद पूरे प्रोग्राम के कार्डों की गड्डी। फिर प्रोग्राम का 'अन्त-कार्ड' और फिर प्रोग्राम के क्रियान्वयन के लिए आदेश-कार्ड। इन कार्डों के बाद प्रोग्राम के डाटा-कार्ड रखे जाते हैं।

कार्ड पंच करना

कोड करने के बाद प्रोग्रामर या उसका सहायक या पंच-ऑपरेटर हाथ से लिखे निर्देशों को ऐसे रूप में जिसे मशीन पढ़ सके, बदलने के

लिए हर पंक्ति के लिए एक कार्ड पंच करता है। की-पंचिंग मशीन टाइपराइटर की तरह होती है जो कथनों को आयताकार छिद्रों के रूप में बदलती है और कार्ड के ऊपर कथन को टाइप भी कर देती है। कंम्प्यूटर छिद्रों के द्वारा ही कथनों को समझ पाता है। पंचिंग मशीन से कार्ड पंच करना जान लेने से प्रोग्रामर पर्याप्त समय की बचत कर सकता है।

आइए, कार्ड पंचिंग मशीन की क्रिया-विधि को जानने से पहले स्वयं हम कार्ड से अच्छी तरह परिचित हो लें—$3\frac{1}{4}'' \times 7\frac{3}{8}''$ के आकारवाले कई रंग के कॅम्प्यूटर-कार्ड प्रयोग में लाये जाते हैं। हर कार्ड पर 80 कॉलम, 0 से 9 अंकयुक्त 10 समानान्तर पंक्तियाँ और इन 10 छपी पंक्तियों के ऊपर खाली स्थान में दो और बिना अंकवाली समानान्तर पंक्तियाँ (जिन्हें 'समानान्तर-जोन' भी कहा जाता है) होती हैं। एक कॉलम में विभिन्न समानान्तर पंक्तियों में बने छिद्र किसी न किसी वर्णाक्षर या अंक या चिह्न को प्रकट कर सकने में समर्थ होते हैं।

फोर्ट्रान कोडिंग की सुविधा के लिए कोडिंग फ़ॉर्म की तरह ही कभी-कभी कार्डों पर कॉलम 1 से 5 कथन-संख्या के लिए, कॉलम 6 सातत्य कार्ड के लिए, 7 से 12 स्वयं-कथन के लिए और 73 से 80 पहचान के लिए स्थान सुरक्षित रहता है।

आजकल पंचिंग के लिए अधिकतर आई. बी. एम. 029 नामक पंचिंग मशीन का व्यवहार किया जाता है। यह मशीन देखने में मेज़ और उसपर रखे टाइपराइटर की तरह होती है। टाइपराइटर की तरह ही उसमें बटन या 'की' होती हैं। दायीं ओर खाली कार्डों को रखने के लिए हॉपर होता है। इसमें गड्डी फँसा दी जाती है। जैसे ही 'फ़ीड' नामक बटन दबाया जाता है, एक कार्ड गड्डी में से खिसककर पंच स्टेशन पर आ जाता है। पंच स्टेशन पर उसे रजिस्टर करके (सिर्फ़ REG बटन दबाकर) उपयुक्त वर्णों की 'की' दबाकर हम अपने कथनों को उपयुक्त कॉलम में पंच कर सकते हैं। कार्ड वस्तुतः कुछ 'डाइज़' के नीचे से गुज़रता है जो दबाये बटन के कोड के अनुसार स्वयं उपयुक्त छेद बना देती हैं और कथन

को कार्ड के ऊपरी किनारे पर टाइप भी कर देती हैं। कॉलम की संख्या बताने के लिए पंच स्टेशन से थोड़ा ऊपर एक कॉलम संकेतक होता है जो बताता है कि आप इस कॉलम में पंच कर रहे हैं। जैसे-जैसे पंचिंग होती जाती है कार्ड दायीं से बायीं ओर खिसकता जाता है और 'रीड-स्टेशन' पर आ जाता है। यहाँ अगर चाहें तो इस कार्ड को हम डुप्लीकेट कर सकते हैं। इसके लिए एक नया कार्ड फ़ीड और रजिस्टर कर सिर्फ़ (डुप्लिकेटर) नामक 'की' दबानी होगी। रीड स्टेशन पर छिद्रों का पता करके पंचिंग स्टेशन पर भेज दिया जाता है जिससे दूसरे कार्ड पर बिना कोई पंचिंग किये पहले कार्ड की ही इबारत पंच हो जाती है। रीड स्टेशन के बाद 'रिलीज' नामक बटन दबाने पर कार्ड बायीं ओर 'स्टैकर' में इकट्ठा हो जाता है। हॉपर और स्टैकर में आप 500 से ज्यादा कार्ड नहीं रख सकते।

की-बोर्ड पर ही कुछ अन्य स्विच भी होते हैं जिनका प्रयोग पंचिंग में कई तरह की सहायता प्राप्त करने के लिए किया जाता है। पहले स्विच के नीचे AUTO/SKIP/DUP लिखा है। इसकी सहायता से यदि बहुत-से कार्डों पर एक-जैसे ही कॉलम में कुछ पंच करना है (जैसे सूची बनाना) तो इस स्विच को ऑन करने से निश्चित कॉलमों को स्वतः ही मशीन 'स्किप' कर सकेगी और डुप्लीकेट भी कर सकेगी। कॉलमों का निश्चय संकेत में लगे मास्टर कार्ड पर कुछ विशेष संकेत बनाकर किया जाता है। पंचिंग की ज्यादातर क्रियाओं में यह स्विच ऑफ़ रहता है। एक ऑटो फ़ीड (Auto Feed) स्विच होता है। इसको ऑन स्थिति में रखने पर जैसे ही उससे पहले कार्ड का 80वाँ कॉलम पंचिंग स्टेशन से गुज़रता है, हॉपर से अगला कार्ड अपने आप पंचिंग स्टेशन पर आ जाता है। इस स्विच को ऑफ़ कर दें तो हॉपर से कार्ड निकालने के लिए 'की-बोर्ड' पर लगा 'फ़ीड' नामक बटन दबाना होगा। तीसरा स्विच है प्रिण्ट। ऑन पोज़ीशन में यह कार्ड पर कथनों को प्रिण्ट होने देता है और ऑफ़ पोज़ीशन में कोई प्रिण्टिंग नहीं होती। पंचिंग पर इस स्विच का कोई

प्रभाव नहीं पड़ता। दायीं ओर CLEAR नामक स्विच है। इसको थोड़ा उठाने पर रीड या पंचिंग-स्टेशन के सब कार्ड स्टैकर में जमा हो जाते हैं। मंच क्लीयर हो जाता है।

'की-बोर्ड' पर अवस्थित वर्ण अक्षर, संख्या, चिह्न, FEED, REG, REL, DUP बटनों के साथ दो बटन NUM (न्यूमैरिक) और Mult PCH (मल्टीपल पंच) उपयोगी हैं। NUM बटन को किसी भी बटन पर लिखे ऊपरी संकेत को पंच करने के लिए दबाना आवश्यक होता है। टाइपराइटर की तरह ज्यादातर बटनों पर दो संकेत होते हैं। नीचेवाला संकेत बटन को दबाने पर पंच होगा। ऊपरवाला संकेत उस बटन को और NUM बटन दोनों को एक साथ दबाने पर पंच होगा। 'Mult PCH-की' एक कॉलम में ही दो-तीन पंचिंग करने के लिए प्रयुक्त की जाती है। इसको दबाने पर कार्ड खिसकता नहीं है, और उसी कॉलम में कई पंचिंग की जा सकती हैं।

की-पंचिंग मशीन का उपयोग कार्ड पंच करने, पंच-कार्ड की अशुद्धियाँ दूर करने और पंच-कार्ड को डुप्लीकेट करने के लिए किया जा सकता है। इसका प्रयोग अत्यन्त सरल है और किसी की सहायता से कुछ ही मिनटों में सीखा जा सकता है।

प्रोग्राम को कॅम्प्यूटर पर चलाना और उसकी अशुद्धियाँ दूर करना

प्रोग्राम और उसके डाटा के 'पंच्ड'-कार्डों की गड्डी (डेक) को पंच होकर तैयार हो जाने पर कॅम्प्यूटर पर 'रन' करने के लिए दिया जाता है। कॅम्प्यूटर प्रोग्राम को कम्पाइल करता है, गणना करता है और उत्तर छापकर देता है।

पहली बार में ज्यादातर फोर्ट्रान भाषा की और ग़लत पंचिंग की अशुद्धियाँ रह जाती हैं, जिन्हें कॅम्प्यूटर बतलाता है। प्रोग्रामर को रन तार्किक कोडिंग या भाषा इत्यादि की अशुद्धियों को दूर कर प्रोग्राम को

दुवारा रन करने के लिए देना होता है। ग़लतियों को 'बग्स' भी कहते हैं। इसीलिए अशुद्धियाँ दूर करने की प्रक्रिया 'डिबगिंग' कहलाती है। डिबगिंग के लिए कभी-कभी प्रोग्राम को कई वार कॅम्प्यूटर पर रन करना पड़ता है। ग़लतियों के कारण कॅम्प्यूटर प्रोग्राम को कम्पाइल नहीं कर सकता, न गणना करने को उद्यत हो सकता है।

डिबगिंग की क्रिया के लिए अत्यधिक धैर्य और सूझ-बूझ की आवश्यकता होती है। कभी-कभी यह निराशाजनक क्रिया वन जाती है क्योंकि यह समझ में नहीं आता कि ग़लती कहाँ है। कॅम्प्यूटर वताता है, ग़लती पाँचवीं लाइन में है पर पाँचवीं लाइन में कुछ ग़लत दिखता नहीं। यह अधैर्य के कारण होता है। स्वाभाविक ही है। प्रोग्रामर ने दस-बारह घण्टे लगाकर समस्या का विश्लेषण किया, फ्लो-चार्ट बनाया, प्रोग्राम-कोड किया, पंच किया और अब वह आशा रखता है कि उसका प्रोग्राम उत्तर दे। पर कॉमा, दशमलव, कोष्ठक इत्यादि की छोटी-सी ग़लती ही उसके परिश्रम को विफल कर सकती है।

गड्डी को अच्छी तरह जाँचना, यह देखना कि कोई अंक अनावश्यक रूप से कॉलम 6 में तो नहीं है, कोष्ठक दोनों ओर लगे तो हैं, सभी आवश्यक कथन-संख्याएँ हैं—इत्यादि हितकर होता है। पहली बार डेक की सिर्फ़ लिस्टिंग प्राप्त करना भी उपयोगी रहता है।

ग़लतियाँ तीन तरह की हो सकती हैं। पहली कम्पाइलर द्वारा अनुवाद में पायी गयी ग़लतियाँ; यानी फोर्ट्रान-भाषा की ग़लतियाँ। दूसरी, मशीन-भाषा को जब स्मृति में पहुँचाया जाता है, 'लोड' किया जाता है, उस समय की लोडिंग ग़लतियाँ, विशेषतः स्मृति-कक्षों से सम्बन्धित। तीसरी, एग्ज़ीक्यूशन के समय की ग़लतियाँ—जैसे, शून्य से भाग देने की क्रिया कहीं हो या पूरे प्रोग्राम के लिए जितना स्मृति-स्थान आवश्यक है वह कॅम्प्यूटर की स्मृति में न समाये तब 'मेमोरी ओवरफ्लो' का संकेत आ जाता है।

कॅम्प्यूटर का कम्पाइलर एक-एक कर कार्डों को पढ़ता है और देखता

है कि जो कुछ उसपर लिखा है वह प्रोग्रामिंग भाषा के नियमानुसार है या नहीं। अगर है तो उसे मशीन-भाषा में बदलता है अन्यथा अशुद्धि को इंगित करता है।

अशुद्धियाँ संक्षिप्त रूप से प्रोग्राम की लिस्टिंग के अन्त में लिखी होती हैं। इन संकेतों का पूरा अर्थ प्रयोगकर्ता के लिए कॅम्प्यूटर-केन्द्र की निर्देश-पुस्तिका से ज्ञात किया जा सकता है। कभी-कभी अशुद्धियाँ दूर करने की क्रिया में बड़े प्रोग्रामों के लिए जगह-जगह प्रिण्ट-कथन रखना और यह देखना कि कॅम्प्यूटर कहाँ-कहाँ, किस-किस कथन पर गया है, लाभप्रद होता है।

जब ग़लतियाँ दूर हो जाती हैं तो परीक्षण गणना-सामग्री (डाटा) देकर प्रोग्राम की गणित-क्रिया की जाँच की जाती है। यदि उत्तर सन्तोषजनक होता है तब सारे डाटा को एक बार में देकर प्रश्न को पूरी तरह हल कर लिया जाता है। परीक्षण-डाटा, अधिकांशतः हाथ से की गयी सरल गणनाएँ, जिनका उत्तर पता होता है, होती हैं। बहुत सारी शुद्ध और अशुद्ध गणना-सामग्री को देकर यह पता किया जा सकता है कि प्रोग्राम में इन सबसे क्या प्रभाव पड़ता है, वह किस प्रकार के उत्तर देता है।

डाक्यूमेण्टेशन

प्रोग्राम को उपयोगकर्ता के लिए लिखना

यह क्रिया न तो प्रोग्राम रन करने और न ही किसी प्रश्न का उत्तर प्राप्त करने की क्रिया से सम्बद्ध है। किन्तु एक सफल प्रोग्राम दूसरे लोगों को भी उपलब्ध हो सके जिससे वे भी इसे अपनी समस्याओं का हल करने में उपयोग कर सकें। अतः डाक्यूमेण्टेशन प्रक्रिया का महत्त्व है। यह एक सन्दर्भ-पुस्तक है जिसमें फ्लो-चार्ट, निर्देश, नमूने के डाटा प्रिण्ट रहते हैं। यह श्रम की पुनरावृत्ति को बचाती है और प्रोग्राम को सुधारने में सहायता

देती है। प्रोग्राम जिसने बनाया है उसके संकेत, उसकी तर्क-क्रिया वही अच्छा समझेगा। उपयोगकर्ता को उस प्रोग्राम को बदलने, समझने या प्रयोग करने में कठिनाई न हो इसके लिए प्रोग्राम का लिखित रूप बहुत सहायक होता है। इन लिखित रूपों का महत्त्व, कुछ वर्षों बाद जब अनेक प्रोग्राम उपलब्ध होंगे, बहुत बढ़ जायेगा।

डाक्यूमेण्टेशन की पूरी प्रक्रिया में सही प्रोग्राम और नमूने के तौर पर ग़लत प्रोग्राम की भी फ़ाइलें बनाकर नियोजित ढंग से रखना सम्मिलित है।

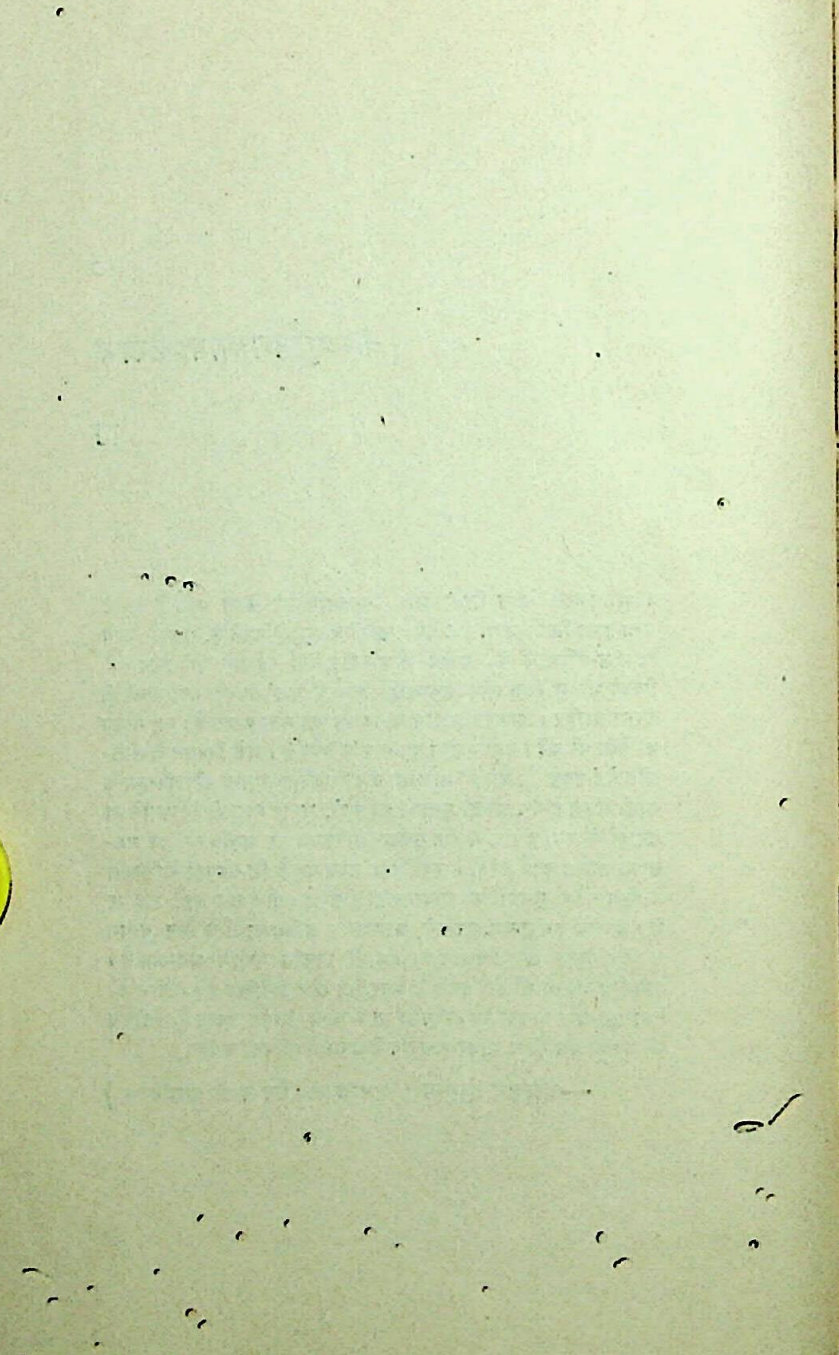
हर प्रोग्राम-फ़ाइल में प्रोग्राम का सार, वर्णनात्मक और ग्राफ़युक्त वर्णन, प्रोग्राम की लिस्ट और इनपुट-आउटपुट होना चाहिए। सार लिखते समय प्रोग्रामर का नाम, तारीख, प्रोग्राम का नाम, संक्षिप्त उद्देश्य, प्रश्नप्रदाता और उत्तरग्राही भाग, प्रयुक्त भाषा, सम्भव हो सके तो ऐच्छिक कार्य-सूची भी होनी चाहिए। प्रोग्राम के वर्णन में एलगोरिथ्म और प्रोग्राम का विश्लेषण एवं प्रयुक्त राशियों की सूची संलग्न होनी चाहिए। इनपुट-आउटपुट लिखने के लिए स्पष्ट आदेश देना और नमूने के तौर पर इनपुट-आउटपुट दिखाना उपयोगकर्ता के हित में होता है।

5

कॅम्प्यूटिंग-भाषा-लेखन

□

जो भी एकरस केवल मेहनत और चिन्तनविहीन सतत कार्य हैं उनको यन्त्र द्वारा किया जाना चाहिए। खानों में खुदाई करने के, सफ़ाई करने के, माल-परिवहन के, अप्रिय मौसम में सूचना पहुँचाने एवं संचार के जितने भी मुश्किल और अनुत्साही कार्य हैं उन सबको मशीन को ही करना चाहिए। आजकल मशीन मानव का मुक़ाबला करती है। वह मानव की सेवा भी करे। यही मशीन का स्पष्ट भविष्य है। जैसे किसान के सोते-सोते पेड़ उगता है, वैसे ही मानवता जब विकसित आनन्द और विश्राम के कामों में रत होगी, अच्छी पुस्तकों को पढ़ने, सुन्दर वस्तुओं को बनाने या सराहने में लगी होगी, मशीन उसका आवश्यक पर अरुचिकर एवं श्रम-साध्य समस्त कार्य करेगी। स्वयंसिद्ध तथ्य यह है कि सभ्यता के विकास के लिए सदैव ग़ुलामों की आवश्यकता होती है। ग्रीक लोग सही राह पर थे। जबतक कम सुन्दर, डरावने, असम्भव व अप्रिय कार्यों के लिए ग़ुलाम न हों संस्कृति और चिन्तन का प्रभावी विकास एकदम असम्भव है। मानवीय दासता की राह ग़लत है, असुरक्षित और अनैतिक है। मशीन की सहायता और दासता पर ही विश्व का भविष्य निर्भर करता है, इसलिए हमें उसका प्रभावी व लाभदायक ढंग से उपयोग सीखना चाहिए।

—आस्कर वाइल्ड (द सोल ऑव मैन अण्डर सोशलिज़्म)

कॅम्प्यूटिंग-भाषा-लेखन

विश्वासपात्र, अपरिवर्तनशील संख्या को जिसका परिमाण नहीं बदलता, 'स्थिरांक' कहते हैं। और वह राशि जो क्रमिक बदलते हुए परिमाण ग्रहण करती है उसे 'चलनांक' कहते हैं। आइए, पहले स्थिरांक की बात करें।

क्या आप बता सकते हैं कि निम्नलिखित संख्याओं में कितने स्थिरांक हैं :

(अ) 56, (ब) 7/9, (स) 569., (द). 435 E 2।

यदि आपका उत्तर चार है तो 'क' छोड़ दीजिए 'ख' पढ़िए। और यदि उत्तर चार से कम है तो 'क' भी पढ़िए।

क—आपने शायद सोचा हो कि E वाली राशि स्थिरांक नहीं है। सोचा आपने खूब पर थोड़ा अधिक सोच लिया। असल में E एक लेखन-संकेत-भर है जो 10 पर लगी घात (एक्सपोनेण्ट) को सूचित करता है।

जैसे $7,50,000 = 75 \times 10^{4} = 75$ E 4

ख—मैं मान लेता हूँ कि आप 'स्थिरांक' से परिचित हैं। ज़रा बताइए कि 56 और 56. में क्या कोई अन्तर है ? हाँ, एक दशमलव का। फोर्ट्रान की भाषा में भी दो तरह के स्थिरांकों का प्रयोग किया जाता है। एक बिना दशमलव के, जिन्हें 'अपरिवर्ती स्थिरांक' (फ़िक्स्ड पाइण्ट कान्सटेण्ट) और दूसरे दशमलववाले जिन्हें 'परिवर्तनशील (फ्लोटिंग पाइण्ट) स्थिरांक' कहते हैं।

कॅम्प्यूटर की भाषा में इस तरह का भेद इसलिए किया जाता है ताकि कॅम्प्यूटर को गणना करते समय अपने आप दशमलव का चिह्न लगाने में

सुविधा हो ।

स्थिरांकों के साथ ही साथ हम चलनांक का भी प्रयोग करते हैं। स्थिरांक को तो संख्याओं से प्रकट किया जा सकता है किन्तु चलनांक के चूँकि अनेक मान हो सकते हैं इसलिए उनको कोई नाम देना होता है— यह काम होता है अँगरेज़ी वर्णाक्षरों और संख्याओं के सहयोग से, (स्पष्टतः हिन्दी भाषा को तो बेचारा कॅम्प्यूटर समझ नहीं पाता)। स्थिरांकों की तरह चलनांक भी दशमलव चिह्न के आधार पर अपरिवर्ती या परिवर्तनशील प्रकार के हो सकते हैं। चलनांक के सन्दर्भ में निम्नलिखित नियम ध्यान में रखें :

1. चलनांक का नाम हमेशा वर्णमाला के किसी अक्षर से प्रारम्भ कीजिए ।

2. और यदि I J K L M N में से किसी एक अक्षर से शुरू करेंगे तो वह चलनांक एक 'स्थिर' चलनांक होगा। उसका मान स्थिरांक ही हो सकता है।

3. चलनांक का नाम मनमाना लम्बा नहीं हो सकता । 7 वर्णाक्षरों की सीमा है। 6 या 7 बस। यह कॅम्प्यूटर पर निर्भर करता है।

4. +, −, इत्यादि विशेष चिह्नों का प्रयोग वर्जित है ।

लीजिए, ये सब बातें अब उदाहरण से समझें :

INDIA, NET, M53, MUJIB स्थिर चलनांक हैं। (क्रमशः I, N, M से प्रारम्भ हो रहे हैं) और A 32, BHUTTO, YAHYA, OK अस्थिर चलनांक हैं। ठीक है, अब बताइए निम्नलिखित में से कितने चलनांक अस्थिर हैं—

INTER, MIND, LEFT, BETA+,
N3+J, 68PJ, Z72, P/NA,
ALPHABET, 3.2, JAY, CY8*

यदि आपका उत्तर 3 या 4 है तो नियम दुहराइए और दुबारा हल कीजिए। यदि उत्तर 2 है तो आगे पढ़ते जाइए ।

फोर्ट्रान में गुणित के लिए सितारे (*) का और भाग के लिए तिर्यक् रेखा (/) का प्रयोग होता है। दो सितारे (* *) घातांक को प्रदर्शित करते हैं। फोर्ट्रान यानी फॉरमूला ट्रान्सलेशन। हिन्दी में हम इसे सूत्रानुवाद कह सकते हैं।

फोर्ट्रान भाषा में कई एक विचित्र बातें भी हैं, जैसे, बराबर के चिह्न का प्रयोग। अब आप लिखें A=B+4 तो B+4, A के बराबर नहीं है वरन् A का मान B+4 के बराबर है, क्या मतलब ? यही कि फोर्ट्रान में बराबर के चिह्न का अर्थ है कि चिह्न के दायीं ओर लिखे व्यंजक का मान बायीं ओर लिखे चलनांक में प्रतिस्थापित हो जाता है। दूसरी बात है कि बराबर चिह्न के बायीं ओर आप किसी नाम का प्रयोग कर सकते हैं, किसी गणितीय व्यंजक का नहीं। इसके अनुसार I 2=3+5*J उचित है पर I 2+73=3 ग़लत है।

अब आप पूछ सकते हैं कि अगर फोर्ट्रान भाषा में गणित की कोई इबारत लिखी हो तो कॅम्प्यूटर उस व्यंजक में से कौन-सा भाग पहले सरल करता है यानी गणित करने का कॅम्प्यूटर का क्रम क्या है ? ध्यान रखिए, कोष्ठकवाली संख्याएँ सबसे पहले, फिर घातांक, फिर गुणा-भाग और अन्त में धन, ऋण की क्रियाएँ की जाती हैं। और यह भी कि साधारणतः कॅम्प्यूटर गुणा-भाग करने में धन-ऋण करने की क्रियाओं की अपेक्षा दुगुना समय लेता है। यह 'दर्शन' निम्न उदाहरण से स्पष्ट हो जायेगा :

मान लीजिए कोई व्यंजक है—

A=B+C/D** E * (F+2.0)

कॅम्प्यूटर गणना निम्नलिखित पदों में करेगा—

पहले, F में 2 को जोड़ेगा।

दूसरे, D पर E का घात लगायेगा।

तीसरे, C राशि को दूसरी क्रिया के उत्तर से विभाजित करेगा।

चौथे, तीसरी और पहली क्रिया से प्राप्त फलों का गुणा करेगा।

पाँचवें, चौथी क्रिया के फल के साथ B का योग होगा।

छठे, और इन सबका मान A के बराबर रख दिया जायेगा।

पिछले दिनों ऐसा हुआ कि एक वाचाल लड़के से मेरी टक्कर हो गयी। क्या करता उसको चुप कराने के लिए मैंने उसका इम्तिहान ले डाला। उसने नीचे लिखे प्रश्न के कई उत्तर लिखे। क्या आप बता सकते हैं कि उनमें से कौन-सा उत्तर ठीक है?

प्रश्न था—चलनांक S में 3 जोड़ो, योग का वर्ग करो फिर इसको 5 से गुणा करके 12 से भाग दो और परिणाम बराबर K रखो।

उसके उत्तर थे—

(S + 3) ** 2 * 5/12 = K

K = 5 * (S + 3) ** 2/12

K = 5 * S + 3 ** 2/12

K = (S + 3) * 5 ** 2/12

लगता है आपने धरती सूँघ ली यानी सही उत्तर पहचान लिया कि दूसरा उत्तर उचित है।

इतना सब कुछ तो ठीक है पर इस उदाहरण में आपने देखा कि दायीं ओर कुछ संख्याएँ परिवर्ती मुद्रा (फ्लोटिंग मोड) में हैं और बायीं ओर अपरिवर्ती मुद्रा (फिक्स मोड) में। प्रश्न उठता है कि क्या दायें-बायें मुद्राओं का मिला-जुला प्रयोग उचित है? इसका उत्तर है, हाँ। पर इस सीमा में कि—

1. बायें सिर्फ़ एक चल या अचलनांक होगा।

2. अगर दायें-बायें पक्षों के मोड अलग हैं तो गणना तो दायें के अनुसार होगी पर उत्तर बायीं मुद्रा के अनुसार रखा जाता है; जैसे S = N + 3 में N + 3 का मान एक स्थिरांक होगा पर जब इसको S के बराबर रखा जायेगा तो स्थिरांक में दशमलव लगा दिया जायेगा। इसी तरह N = S + 1.5 में S + 1.5 एक परिवर्ती योग होगा पर कॉम्प्यूटर N का मान लेते समय दशमलव के बाद के अंकों को उड़ा देगा क्योंकि

N का मान स्थिरांक ही हो सकता है।

मुद्रा का प्रश्न ज़रा जटिल है। इसी सन्दर्भ में एक और मिलता-जुलता प्रश्न उठता है कि क्या मुद्रा का मिला-जुला प्रयोग एक ही ओर सम्भव है? यह भी सम्भव है—कुछ अवस्थाओं में। वे अवस्थाएँ हैं घातांक की, पदांकित चलनांक (सब्सक्रिप्टेड वेरिएबिल) की और सबरूटीन के आरगुमेण्ट (स्वतन्त्रचर) की। माफ़ कीजिए, मैंने एकदम कुछ भारी-से अजीब नाम लिख दिये। पर कोई बात नहीं। थोड़ा इन्तज़ार कीजिए, जब परिचय हो जायेगा तो अजनबीपन भी कम हो जायेगा। पहले, पहले की बात करें। बात सरल है कि घात दशमलववाली या बिना दशमलव की हो सकती है और किसी भी मुद्रा के साथ यह घातांकवाला पद बखूबी प्रयुक्त हो सकता है। उदाहरण हाज़िर है—

S = NESKEFE + 17 – R**3.2

हम जानते हैं कि जब एक ही चलनांक के बहुत-से मान होते हैं तो उस राशि को हम पदांकित कर देते हैं। यह पदांकन फोर्ट्रान भाषा में अधिक से अधिक तीन आयाम का हो सकता है—और कॉमा बीच में रख चलनांक के बाद कोष्ठक में लिखा जाता है। जैसे A (15) का मतलब है कि A के पन्द्रह मान हैं जिन्हें हम A (1), A (2)....इत्यादि से प्रदर्शित कर रहे हैं। इसी तरह दो आयाम में B (2, 3) का अर्थ है कि B के छह मान हैं—B (1, 1), B (1, 2) B (1, 3), B (2, 1), B (2, 2), B (2, 3); मुद्राओं का मिला-जुला प्रयोग करने का नियम कहता है कि पदांकन हमेशा अपरिवर्ती (स्थिर) मुद्रा में होगा। हाँ, चलनांक का नाम चाहे किसी भी मुद्रा में रखा जा सकता है। तीसरी बात बची सबरूटीन की; उसको हम बाद में लेंगे।

इस तरह अबतक आप कई बातें सीख चुके हैं। चल, अचलनांक का लिखना, फोर्ट्रान के चिह्न, कॅम्प्यूटर द्वारा गणितीय प्रक्रिया का क्रम और मिला-जुली मुद्राओं का प्रयोग। बात खुशी की है। लीजिए, इस खुशी में मैं आपको एक कहानी सुनाता हूँ।

पुराने ज़माने में भारतवर्ष में एक चाय को चखनेवाला घाघ रहता था। उन दिनों भारत में बम्बई, कलकत्ता और किलमंज चाय के तीन बड़े केन्द्र थे और व्यापारियों में एक खास आदत थी कि वे बम्बई या कलकत्तेवाली चाय की जगह किलमंज की चाय ग्राहकों को बेचने की कोशिश करते थे। पर उनकी यह चालाकी चाय-चक्खू घाघ के साथ नहीं चलती थी। वह हरेक का रहस्य जानता था।

लोगों ने बहुत कोशिश की कि उस घाघ से इस स्वाद के सूत्र का पता चले। पर घाघ तो घाघ ठहरा। जीवन-भर वह इस रहस्य को सँभाल कर रखे रहा। हाँ, मृत्यु-शय्या पर कुछ लोगों ने उसके मुँह से कुछ इस तरह की बुदबुदाहट सुनी...."अन्य सब बदलनेवाले स्वाद की चाय है पर किलमंज का स्वाद स्थिर है।"

'घाघ' के ये शब्द आनेवाली पीढ़ियों को याद रहे। फोर्ट्रान भाषा बनानेवाले व्यक्ति को भी शायद यह कहानी आती थी। उसके सामने समस्या थी कि स्थिर और अस्थिर चलनांक के लिए कौन-से अक्षर प्रयुक्त किये जायें। उसने पाया कि अगर वह किलमंज (KILMÑJ) के अक्षरों को क्रम से लिखे तो I J K L M N अक्षर आते हैं। उसी दिन से स्थिर चलनांक I J K L M N से ही प्रारम्भ होने लगे।

कहिए कैसी रही। आइए, अब कुछ और बात करें। अबतक हमने साधारण गणितीय कथनों का प्रयोग सीखा। पर पूरे प्रोग्राम में कुछ निर्णय लेनेवाले कथन भी होते हैं—जैसे हम कहें कि इस कथन के बाद वह कथन करो या अगर इस विशिष्ट कथन का मान इतना हो तो वह कथन, नहीं तो यह कथन करो। इस तरह के नियन्त्रक कथनों की रचना GO, IF और DO नामक कथनों से की जाती है।

GO TO कथन : दो तरह के 'गो टू' आदेश होते हैं। पहला कि आप GO TO 7 यानी 7 नम्बर के कथन पर जाओ।

दूसरा है शर्तवाला जाना, यदि अमुक स्टेज पर अमुक राशि का मान अमुक हो तो यहाँ और उतना हो तो वहाँ जाओ। उदाहरण GO TO

(11, 2, 30), J लिखा हो तो उसका मतलब होगा कि यदि J का मान 1 हो तो कथन 11 पर, 2 हो तो कथन 2 पर और 3 हो तो कथन-संख्या 30 पर जाओ (फोर्ट्रान भाषा में प्रयुक्त कॉमा पर ध्यान दीजिए)।

IF कथन : GO TO से मिलता-जुलता IF है। इसका प्रयोग हम तब करते हैं जब हमें किसी व्यंजक के मान के आधार पर क्रियाएँ करने का निर्णय लेना हो। जैसे अगर मेरा व्यंजक X-Y हो और मैं चाहता हूँ कि (X-Y) का मान ऋण हो तो कॅम्प्यूटर कथन 3 पर, शून्य हो तो 7 पर और धन हो तो 9 पर जाये तो मैं लिखूंगा IF (X-Y) 3, 7, 9। इस तरह IF कथन की बनावट इस तरह हुई—IF (स्थिर या अस्थिर चलनांक या व्यंजक) ऋण मान होने पर आदेशित कथन पर, शून्य पर आदेशित कथन पर, धन मान पर आदेशित कथन पर।

DO कथन—प्रोग्रामिंग करते समय अक्सर किन्हीं क्रियाओं को कई बार दुहराने (लूपिंग करने) की आवश्यकता पड़ती है। यह काम DO कथन से पूरा किया जाता है। मान लीजिए, किसी अवस्था पर आगे की सब क्रियाओं को कथन संख्या 7 तक हम 3 बार करना चाहते हैं और हमारी पदांकित राशि हर बार क्रमशः 1, 2, 3 मान ग्रहण करती है तो हम कथन लिखेंगे DO 7, I = 1, 3 यानी 7वें कथन तक सब क्रियाएँ करो जबकि I का मान 1 से 3 तक एक की बढ़ोत्तरी में क्रमशः 1, 2, 3 हो। लूपिंग की इस क्रिया को हम इच्छित बार, किसी स्थिरांक (I,J, K,L,M,N) के प्रारम्भिक और अन्तिम (इनीशियल और टरमीनेटिंग) मान लिखकर करा सकते हैं। साथ ही मानों के मध्य इच्छित स्थिरांक का अन्तराल भी छोड़ सकते हैं, जैसे अगर DO 15, J = 1, 11, 2 लिखा हो तो इसका अर्थ होगा 11वें कथन तक सब क्रियाएँ 1, 3, 5, 7, 9, 11 लेकर 6 बार दुहराओ, यहाँ की बढ़ोत्तरी (इन्क्रीमेण्ट) 2 की कूद से है। जब बढ़ोत्तरी एक की कूद से हो तो J = 1, 11, 1 में अन्तिम एक के लिखने की आवश्यकता नहीं होती। DO कथन में अन्तिम कथन पर भी एक प्रतिबन्ध है। पहली बात वहाँ एक कथन-संख्या हो, दूसरे

वह कथन एक आदेशात्मक कथन नहीं हो (GO, IF इत्यादि)। ऐसी स्थिति को टालने के लिए एक निरर्थक कथन CONTINUE का प्रयोग करते हैं। इस तरह सुरक्षित अवस्था यही है कि DO का अन्तिम कथन CONTINUE होना चाहिए। एक बड़े DO लूप के अन्दर हम कई छोटे (नेस्टेड) DO लूप का भी प्रयोग कर सकते हैं।

इन DO, GO, IF इत्यादि नियन्त्रक-कथनों के साथ फोर्ट्रान प्रोग्रामिंग में हम दो और आदेश-कथनों का प्रयोग करते हैं। आइए, लगे हाथों उनका भी क़िस्सा कह लें। पहला है पॉज। अर्थ है ठहरिए। इस कथन को किसी स्टेज पर अपने प्रोग्राम से सम्मिलित करने पर कॅम्प्यूटर गणना करते-करते उस स्थान पर ठहर जायेगा। और आप अपने गणित हो रहे प्रोग्राम पर एक नज़र डाल सकते हैं। कण्ट्रोल-डेस्क पर लगे 'स्टार्ट' नामक बटन को दबाकर प्रोग्राम को जब चाहें तब आगे बढ़ा सकते हैं। इस कथन से मिलता-जुलता STOP कथन है। इस कथन को पाकर भी प्रोग्राम रुक जायेगा। पर इस बार अब वह दुबारा से स्टार्ट नहीं हो सकता।

कॅम्प्यूटर-भाषा-लेखन का पहला भाग खत्म होता है। यहाँ तक अगर आपको कोई कठिनाई आयी हो, तो मेरा इतना ही सुझाव है कि पीछे की बातों को दुहराएँ और छोटे-छोटे प्रोग्राम अपने आप लिखें। 'साइन' फ़ंक्शन का विस्तार, सांख्यिकी के माध्यिकामान, विकिरण इत्यादि के सूत्रों के प्रोग्राम आप इन्हीं DO, IF, GO की सहायता से बना सकते हैं। इतनी सब बातों के साथ में सबसे पहली और महत्त्वपूर्ण बात भूल गया कि प्रोग्राम का सबसे पहला कार्ड आपको प्रोग्राम के नाम का जैसे PROGRAM LOVE (कॅम्प्यूटर उपयोग में प्रोग्राम के हिज्जे PROGRAM ही लिखे जाते हैं) और दूसरा डायमेंशन-कथन का रखना होगा। जैसे अगर आप चाय बनाने चलें तो आपको यह पूर्व पता होना चाहिए कि चाय कितने ताप तक बन जायेगी, उसको मीठा कब माना जायेगा। उसी तरह कॅम्प्यूटर का प्रोग्राम लिखने से पहले आपको अपनी प्रयुक्त राशियों की अधिकतम सीमा की घोषणा करनी पड़ेगी। जैसे A, VALU,

CAT तीन चलनांक आपने अपने प्रोग्राम में प्रयुक्त किये; क्रमशः आप 2, 4 और 7 मानों का इस्तेमाल करते हैं तो आप लिखेंगे DIMENSION A (2), VALU (4), CAT (7)। इससे होगा यह कि कॅम्प्यूटर अपने स्मृति-प्रभाग में इन चलनांकों के लिए अपेक्षित स्थानों को सुरक्षित कर लेगा।

जैसे-जैसे प्रोग्रामिंग कला का विकास होता गया यह बात कई बार महसूस की गयी कि ज़्यादातर प्रोग्राम कुछ गणितीय फ़ंक्शनों का प्रयोग करते हैं। जैसे कई संख्याओं का वर्गमूल, ज्या, कोज्या इत्यादि लेना। इसलिए लोगों ने सोचा कि समय और सुविधा दोनों की दृष्टि से यह बेहतर रहेगा कि इन छोटे प्रोग्रामों को कॅम्प्यूटर में पहले से अवस्थित कर दिया जाये। यानी इन सबरूटीनों की एक लायब्रेरी कॅम्प्यूटर के स्मृति-भाग में स्थायी तौर पर रखी जाये, जिससे प्रोग्राम में कहीं भी उसको सन्दर्भित किया जा सके। यही कारण है कि आप SQRTF लिखकर किसी संख्या का वर्गमूल, SINF लिखकर किसी व्यंजक की 'ज्या' बिना किसी हर्र और फिटकरी लगाये ज्ञात कर सकते हैं। पूरी लायब्रेरी की बानगी, आपको शायद इन कुछ सबरूटीनों के माध्यम से मिल जाये—LOGF, EXPF, SQRTF, TANF, SINF, COSF इत्यादि। जिन राशियों के साथ उपर्युक्त फ़ंक्शनों का प्रयोग हो वे इन फ़ंक्शनों के तुरन्त बाद कोष्ठक में लिखी जानी चाहिए।

ये तो रही सबरूटीन लायब्रेरी। प्रोग्रामिंग करते समय एक बड़े प्रोग्राम को छोटे-छोटे हिस्सों में बाँटना सुविधाजनक रहता है। इस सन्दर्भ में स्वाभाविक प्रश्न उठता है कि सबरूटीन कैसे लिखें, पूरे प्रोग्राम में उन्हें कहाँ रखें और वक़्त-ज़रूरत पर उनको कैसे सन्दर्भित करें?

शुरूआत हम सबरूटीन लिखने से करते हैं। सबसे पहले हमें सबरूटीन को एक नाम देना होगा—SUBROUTINE BUSY। इस नाम के आगे कोष्ठक में वे राशियाँ जिनका प्रमुख रूप से सबरूटीन प्रयोग करेगा या जिनके मान पर सबरूटीन का मान निर्भर करेगा। इसके बाद वैसे ही

कथन जिनका प्रयोग हम सीख चुके हैं। सबरूटीन के अन्त में हमें RETURN नामक शब्द लिखना होगा। जिसका मतलब है—जहाँ से यह सबरूटीन सन्दर्भित हुआ था वहीं लौट जाओ और आगे की क्रियाएँ चालू रखो। कभी RETURN के बाद END भी लिखा जाता है। इस तरह सबरूटीन की शरीर-रचना तीन हिस्सों में कुछ इस प्रकार हुई :

1. SUBROUTINE BUSY (ALPHA, CUP)
2. RETURN
3. END

सबरूटीन लिखने के बाद सवाल आता है कि उसे रखें कहाँ ? नियम यह है कि पहले प्रोग्राम का नाम, प्रोग्राम के कथन, फिर प्रोग्राम का END कार्ड। उसके तुरन्त बाद पहला सबरूटीन END कार्ड सहित, फिर दूसरा सबरूटीन END कार्ड सहित, फिर तीसरा और आखिर में सबके पीछे एक अन्तिम END कार्ड—जैसे कैलेण्डर में आप महीनों का क्रम नहीं बदल सकते वैसे ही फोर्ट्रान-भाषा में आपको उपर्युक्त नियम का पालन करना होगा। सबरूटीनों के बारे में क्रम जरूरी नहीं है। लगे हाथ एक उदाहरण हो जाये—

PROGRAM RUBY (प्रोग्राम का नाम)
मुख्य प्रोग्राम के कथन
END (मुख्य प्रोग्राम का अन्त)
SUBROUTINE ONE (X, Y) (चलनांकों सहित सबरूटीन का नाम)
सबरूटीन के कथन
END (सबरूटीन का अन्तसूचक कथन)
SUBROUTINE TWO (C, D)
END (आखिरी)
END (अन्त कार्ड)

सबरूटीन के बारे में एक पक्ष रह गया कि उसे मुख्य प्रोग्राम में सन्दर्भित कैसे करें? यह क्रिया CALL नामक कथन से की जाती है। जैसे आपको ONE नामक सबरूटीन का प्रयोग करना है तो आप लिखिए CALL ONE। इसके बाद कोष्ठक में वे संख्याएँ या राशियाँ लिखनी होंगी जिनके मानों के लिए आप सबरूटीन से कुछ गणना करना चाहते हैं। यहाँ दो तथ्य ध्यान देने योग्य हैं। पहला यह कि सबरूटीन के नाम के आगे कोष्ठक में लिखी चलनांकों की संख्या, 'कॉल-कथन' में लिखी राशियों की संख्या के बिलकुल बराबर होनी चाहिए और दूसरा यह कि एक ही मुद्रा में होनी चाहिए। अगर सबरूटीन में वह स्थिरांक है तो 'कॉल कथन' में भी वह स्थिरांक ही होगा।

कहिए, कैसा लग रहा है? मेरी बातें आपको भली न लगें तो घबड़ाइए नहीं। साधना करते चलिए, बाक़ी मुझ पर छोड़ दीज़िए।

एक बात और। सबरूटीन और कॉल-कथन के बारे में ज़ोर देते चलें कि कॉल-कथन में आरगुमेण्ट 'डमी' होता है; यानी वास्तव में उसका मतलब कुछ भी नहीं होता पर खग की भाषा खग ही जाने, इसलिए इसे रखना होता है और कॉलवाले मान को सबरूटीन ग्रहण कर लेता है। हाँ, कभी-कभी सबरूटीन स्वयं में स्थित होता है। उस समय उसका कोई भी आरगुमेण्ट नहीं होता। इसलिए कॉल-कथन में कुछ भी लिखना नहीं होता। ज़्यादातर सबरूटीन मुख्य प्रोग्राम से हटकर कोई स्वतन्त्र काम करता है। अगर उसके और मुख्य प्रोग्राम के बीच कोई संचार व्यवस्था है तो हम COMMON नामक संग्राहक का प्रयोग करते हैं।

कॉमन-कथन

मान लीजिए, रमेश नाम के जितने भी लड़के शहर में हैं वे सब एक घर में रहते हैं तो यहाँ दो तरह से यह शेयरिंग उपस्थित है। पहली, स्थान की एकरूपता कि वे सब एक ही घर में हैं। दूसरी, नाम की

एकरूपता कि उन सबका नाम एक ही है।

जब प्रोग्राम और उसके उपभागों (सबरूटीनों) में हम इसी प्रकार की दो तरह की शेयरिंग का प्रयोग करते हैं तो प्रोग्रामिंग में भी कुशलता आ जाती है। जैसे हम प्रोग्राम 'DINESH' और उपभाग 'CITY' में यदि एक-सी राशियों का प्रयोग करते हैं तो क्यों न उनकी शेयरिंग की जाये, या जब वे अस्थायी स्मृति का अलग स्थान घेरते हैं तो दोनों के लिए स्मृति का एक ही स्थान क्यों न चुना जाये। जैसा पहले कहा गया कि फोर्ट्रान-भाषा में स्थान और नाम की राशियों की यह समानता, एकरूपता अथवा शेयरिंग, COMMON नामक कथन से प्रकट की जाती है।

कॉमन-कथन के प्रयोग में निम्नलिखित सावधानियाँ रखना आवश्यक हैं :

1. मुख्य प्रोग्राम और सबरूटीन में प्रयुक्त कॉमन-कथन में प्रयुक्त राशियों के क्रम और नामों के अनुसार ही शेयरिंग होती है। इस तरह आप सबरूटीन से कुछ चलनांकों को कॉमन-कथन की सहायता से मुख्य प्रोग्राम में ले जा सकते हैं।

2. कॉमन-कथन लिखने के लिए COMMON शब्द लिखिए; फिर जो चल और अचल राशियाँ कॉमन हैं उनको कॉमन शब्द के बाद कॉमा लगाकर एक के बाद एक लिखिए। यदि चलनांकों के बहुत-से मान हैं तो उनको प्रारम्भ के डायमेंशन-कथन में भी रखना होगा।

3. ध्यान रखिए कि कॉमन-कथन का यह मतलब नहीं कि उस कथन के आगे लिखी सब राशियाँ एक ही जगह घेरेंगी। कॉमन-कथन तो मुख्य प्रोग्राम और सबरूटीन के मध्य चलनांकों के मान और नाम की एकरूपता ही सूचित करता है। इसलिए यह भी स्पष्ट है कि उनका मोड और क्रम समान होना चाहिए।

कॉम्प्यूटिंग की क्रिया छलनी छानने-जैसी क्रिया है। कुछ पदार्थ होता है जो छाना जाता है और छनकर फिर कोई दूसरा पदार्थ मिलता है। अबतक हमने छानने अर्थात् प्रोग्राम लिखने की क्रिया पर ध्यान दिया।

अब हम छानने के लिए लिये गये पदार्थ और छनकर आये पदार्थ यानी प्रश्न और उत्तर या इनपुट-आउटपुट के स्वरूप की बात करेंगे। आप कैसा भी प्रोग्राम बना सकते हैं पर उस प्रोग्राम से कुछ निश्चित राशियों का उत्तर पाने के लिए आपको कुछ डाटा भी देना होगा। जैसे द्विघात समीकरण हल करने के लिए आपने कोई प्रोग्राम बनाया। आप चाहेंगे कि वह प्रोग्राम ऐसा हो कि हर तरह के द्विघात समीकरण उससे हल हो जायें। तो, कार्डों से आपको कुछ राशियों का बदलता हुआ डाटा पढ़ना पड़ेगा।

फोर्ट्रान-भाषा में इस तरह की सूचना के प्रवाह के लिए कुछ इनपुट-आउटपुट कथनों का प्रयोग किया जाता है। दो तरह के कथन इसके लिए काम में लाये जाते हैं। एक में माध्यम (जैसे कार्ड या टेप) तथा डाटा की सूचना, दूसरे में यह बतलाना कि इस डाटा को प्रोग्राम में गणना के लिए कब ग्रहण करना है। यानी पहला लिस्ट कथन और दूसरा फ़ॉरमेट-कथन। चूंकि हम यहाँ कार्ड या टेप माध्यम का ही जिक्र कर रहे हैं इसलिए इनपुट-आउटपुट के डाटा कथनों की लिस्ट में निम्न कथन आयेंगे—

READ (यानी कार्ड से पढ़ो)
PUNCH (पंच करो)
READ INPUT TAPE (टेप से पढ़ो)
WRITE OUTPUT TAPE (टेप पर उत्तर लिखो)
PRINT (उत्तर प्रिण्ट करो)

इन कथनों का प्रयोग कैसे होता है उसको एक उदाहरण से बतलाना उचित होगा—

READ	10,	A, B, C
(माध्यम)	(कथन)	(राशियों की सूची)

यानी A, B, C राशियों के मान कार्ड से पढ़ो। 10 यहाँ यह बतलाता है कि कथन 10 में दिये गये निर्देश के अनुसार पढ़ो। इस तरह हमारे इनपुट-आउटपुट डाटा लिस्ट के तीन प्रभाग हुए। जब टेप का

प्रयोग कियां जाता है, तब टेप का नम्बर भी लिखा जाता है, जिससे यह ज्ञात रहे कि अमुक टेप का प्रयोग हो रहा है। उदाहरण के लिए अगर मेरा कथन है—

READ INPUT TAPE 3, 12, A, B, C

तो उसका अर्थ होगा—कथन क्रमांक 12 के अनुसार, 3 नम्बर के टेप से A, B, C राशियों के मान पढ़ो।

इनपुट-आउटपुट कथन का तीसरा भाग डाटा लिस्ट का है। इसकी भी कुछ सीमाएँ हैं। आइए, इनको भी एक नज़र देख लें।

1. केवल चलनांक ही प्रयुक्त किये जा सकते हैं। स्थिरांक का प्रयोग वर्जित है।

2. अगर कई चलनांक हैं तो राशियों के मध्य कॉमा का प्रयोग होना चाहिए। उदाहरण—PRINT 16, X, NET, B

3. अगर एक ही राशि के वहुत से मानों का प्रयोग होना है तो उस का नाम भर ही लिखना पर्याप्त है। जैसे, PUNCH 200, MATRIX

4. लेकिन अगर उस राशि के वहुत-से मानों में से, हम केवल कुछ मानों का ही प्रयोग चाहते हैं तो हमें एक उपयुक्त आन्तरिक लूप का प्रयोग करना पड़ेगा—जैसे, WRITE OUTPUT TAPE 4, 75, (DATA (I), I=2, 60, 2)

आपने ठीक जाना कि सब्सक्रिप्टेड चलनांक का लिखना अपेक्षाकृत कठिन है। वात को और स्पष्ट करने के लिए उदाहरण लें—

WRITE OUTPUT TAPE 4, 10, ((B(I, J), J=2, 50, 2), I=1, 50)

उपर्युक्त कथन 4 नम्बर के टेप पर 10 नम्बर के फ़ॉरमेट के अनुसार लिखने का आदेश है। किसको लिखने का ? राशि B (I, J) को। पर उसके सब मान नहीं, सिर्फ़ वे ही जो वाह्य और आन्तरिक डू-लूप के संयोग से बन रहे हैं। जैसे वाहरी लूप के I का मान 1 है तो भीतरी J का मान 2, 4, 6.... इत्यादि होगा। अतः लिखने का क्रम यूँ हुआ—

पहले I का मान 1 और J के हर सम्भव मानों से सब्सक्रिप्टेड B राशि के मान।

फिर I का मान 2 और J के हर सम्भव मानों से सब्सक्रिप्टेड B राशि के मान इत्यादि, ऐसे ही।

फ़ॉरमेट-कथन

इनपुट-आउटपुट की ऊपरी चर्चा में हमने राशियों (डाटा लिस्ट) की, और उनके माध्यमों की चर्चा की। एक बात हम अबतक टालते आये हैं कि लिखने या पढ़ने का काम जो किसी नम्बर के कथन-क्रमांक से होता है, उसे कैसे लिखें यानी फ़ॉरमेट-कथन कैसे बनायें। इस कथन से कम्पाइलर को हम यह जताते हैं कि हमारे डाटा का प्रवाह (लिखना-पढ़ना) किस तरह हो। फ़ॉरमेट-कथन किसी प्रकार का गणित नहीं करता। यह एक तरह का सन्दर्भ-कथन है जो बताता है कि राशियों के अचल व चल मानों को कॉम्प्यूटर इनपुट-आउटपुट के समय किस तरह सँजोये।

प्रत्येक फ़ॉरमेट-कथन का एक विशेष नम्बर होता है (कोई भी)। उसके बाद 'फ़ॉरमेट' शब्द लिखा जाता है और अन्त में कोष्ठक के अन्दर स्पेसीफ़िकेशन; जैसे—10 FORMAT (I 2, E 12.5)

(स्पेसीफ़िकेशन)

स्पेसीफ़िकेशन (निर्देशन) का लिखना ही फ़ॉरमेट-कथन की आत्मा है। फ़ॉरमेट स्पेसीफ़िकेशन अक्षर और संख्या के कोड रूप में लिखा जाता है। निम्नलिखित कोड मुख्य रूप से प्रयोग किये जाते हैं। स्थिरांक के लिए nIw, चलनांक के लिए nFw.d, घातांक को nEw.d, खाली स्थान के लिए nX, शीर्षक के लिए nH, दूसरी पंक्ति या कार्ड के लिए / (तिर्यक् रेखा) इत्यादि। अब नीचे हम इनकी क्रमशः व्याख्या करेंगे।

I, F, E, जैसा स्पष्ट है, क्रमशः स्थिरांक (इंटीजर), चलनांक (फ़्लोटिंग वेरिएबिल) और घातांक (एक्सपोनेण्ट) राशियों को सूचित करते हैं। n बताता है कि कितनी संख्याएँ हैं। w.d में w पूरी संख्या की

लम्बाई (विड्थ) और d दशमलव के दायीं ओर के सार्थक अंकों की संख्या को बतलाता है। जैसे निम्नलिखित उदाहरण में—

```
READ 8, BETA, JET
10 FORMAT(6 E 9.2,5I4)
```

रीड का अर्थ है कार्ड से पढ़ो। संख्या 10, फ़ॉरमेट कथन क्रमांक को बतलाती है। चलनांक BETA के 6 मान हैं, दशमलव के बायीं ओर 5 अंकों के लिए और दायीं ओर 2 अंकों के लिए स्थान सुरक्षित है। दशमलव और +, − (पैरिटी) के स्थान को मिलाकर पूरी संख्या में 9 अंक हैं। इसी तरह 'जेट' स्थिरांक के 5 मान हैं, वे अधिक से अधिक चार अंकों के हो सकते हैं।

रोग के अनुसार डॉक्टर निदान करता है, दवाइयाँ देता है, वैसे ही प्रोग्रामर अपनी राशियों के उपयुक्त फ़ॉरमेट चुनता है। आइए, ऊपर के फ़ॉरमेट-नियम को दुहराएँ—

1. स्थिरांक के लिए nIw का कोड चाहिए और चलनांक के लिए nFw.d। ये कोड फ़ॉरमेट-शब्द के आगे कोष्ठक में उपयुक्त स्थान पर (आगे-पीछे) निर्देश-कथन के अनुसार होंगे।

2. nIw में w स्थिर राशि का विस्तार (अंकों की संख्या) बतलाता है। इसके साथ कोई d या दशमलवांक नहीं होता। जबकि nFw.d में w निश्चय ही एक चलनांक के पूरे विस्तार को बतलाता है पर d दशमलव के दायीं ओर के अंकों की संख्या को सूचित करता है। w विस्तार में एक स्थान + अथवा − के लिए, जिसे पैरिटी भी कहा जाता है, निश्चित होता है। चलनांक में एक और स्थान दशमलव के लिए वांछित होगा। w और d का अन्तर चलनांक के लिए 2 या दो से बड़ा होना चाहिए। रह गयी बात अब nX, nH और / के फ़ॉरमेट की।

X फ़ॉरमेट का प्रयोग खाली स्थान छोड़ने के लिए होता है और H का हेडिंग या शीर्षक के वाक्य लिखने के लिए। दोनों ही फ़ॉरमेट कोड में n पूर्ववत् परिमाण दर्शाता है। 4X का मतलब चार खाली स्थान (स्पेसिंग), 10H का अर्थ है शीर्षक के लिए दस अक्षर का स्थान सुरक्षित है। एक उदाहरण लें। मान लीजिए मैंने एक प्रोग्राम द्विघात समीकरण को सरल करने के लिए बनाया। इस द्विघात समीकरण के दो मूल होंगे। प्रोग्राम में मैं उनको ROOT 1 और ROOT 2 नाम देता हूँ। सरलीकरण के बाद में उत्तर छापने के लिए ROOT 1 और ROOT 2 के मान तो चाहूँगा ही, साथ ही मैं चाहता हूँ इन मानों के मध्य छपे काग़ज़ पर कुछ जगह रहे और इस मूल निकालने की पूरी प्रक्रिया का एक शीर्षक भी हो। यह इच्छा मैं निम्नलिखित कथन से पूरी कर सकता हूँ—

```
    PRINT 7
7   FORMAT ( 12H FIRST ROOT, 4X, 12H SECOND ROOT )
    PRINT 8, ROOT 1, ROOT 2
8   FROMAT ( F 5,2, 12X, F5.2 )
```

आप देख सकते हैं कि पहले आदेश कथन-प्रिण्ट 7 के अनुसार 7वाँ कथन छपेगा। उससे छपेगा क्या? दो शीर्षक जिनके लिए 12H के स्थान हैं (आप गिन के देखिए, एक अक्षर के लिए एक स्थान के अनुसार) और उनके बीच 4X, यानी चार स्थान का अन्तराल होगा। शीर्षक छपने के बाद उसके नीचे दूसरे प्रिण्ट कथन 8 के अनुसार दोनों मूलों के मान F5.2 फ़ॉरमेट में छप जायेंगे।

अब बचता है '/' फ़ॉरमेट। एक शब्द या संख्या के बीच स्थान हम nX से छोड़ सकते हैं। पर अगर पूरी लाइनों की ही स्पेसिंग देनी हो तो तिर्यक् रेखा का प्रयोग करना होगा। एक स्लैश एक पंक्ति का अन्तराल होता है। दो स्लैश दो का और फिर ऐसे ही। इन X, H और / फ़ॉरमेट को दुहरा लेना अच्छा रहेगा। X का प्रयोग एक ही पंक्ति में या कार्ड में

स्थान छोड़ने के लिए होता है। अगर डाटा पढ़ते समय 35 X (इनपुट) आदेश है तो उसका अर्थ होगा कार्ड पर पैंतीस कॉलम छोड़ दो।

35 X अगर उत्तर लिखते समय (आउटपुट) आदेश है तो उसका मतलब होगा पैंतीस अंकों की जगह छोड़ दो।

एकाकी स्लैश का प्रयोग नयी पंक्ति या नये कार्ड को प्रारम्भ करने के लिए होता है। तीन स्लैश इनपुट में हों तो अर्थ होगा—तीसरी पंक्ति या तीसरा कार्ड पढ़ना प्रारम्भ करो। लेकिन यदि तीन स्लैश आउटपुट में हों तो अर्थ होगा—तीसरी पंक्ति या तीसरे कार्ड पर लिखना या पंच करना प्रारम्भ करो।

H का प्रयोग शीर्षक लिखने के लिए होता है। शीर्षक में जितने अक्षर या अंक हों, उतनी ही संख्या H से पूर्व लिखनी होगी।

फ़ॉरमेट-कथन में यद्यपि कोष्ठक का प्रयोग होता है पर कोष्ठक के कई कुशल प्रयोग भी सम्भव हैं। उदाहरणार्थ (E14.7) का अर्थ है इस फ़ॉरमेट में हर बार नयी पंक्ति से चलनांक सँजोयें। (I 3, (E 6.2)) का अर्थ है पहले I 3, फिर डाटा लिस्ट के खत्म होने तक आन्तरिक लूप की पुनरावृत्ति करें। (2I5, 6 (E 14.7)) का अर्थ है पहले I5 मोड में दो स्थिरांक फिर 6 बार आन्तरिक लूप, फिर नयी पंक्ति और फिर पुनरावृत्ति।

हर किसी चीज़ के लिए वक़्त निश्चित होता है। काम शुरू करने का भी, जीवन के अन्त का भी। अबतक हमने कॅम्प्यूटिंग-भाषा-लेखन की एक मंज़िल पूरी कर ली है।

अगर आप हर्षपूर्वक इस अध्ययन के साथ रहे तो हमारी बधाई स्वीकार करें। थोड़ी माफ़ी भी, कि आपको बहुत-से नियम, उदाहरण और कभी-कभी उलटे-सीधे मज़ाक़ से टकराना पड़ा।

यहाँ प्रयास था—फोर्ट्रान की कुछ उन बातों को ही बताना जिससे ज्यादातर प्रोग्रामिंग की जा सके। सब कुछ तो समेटा नहीं गया, समेटा जा भी नहीं सकता। विश्वास है कि इतना भर ही पर्याप्त होगा और इतने

से ही आप कई प्रोग्राम बनाने में सक्षम होंगे। केवल अनुभव और अभ्यास ही आपको बतला सकेगा कि यह दावा कितना सही है। देर कैसी ? परीक्षा करें—घोड़ा अड़ा क्यों पान सड़ा क्यों,—फेरा न था।

'प्रोग्रामिंग' क्या है ?

प्रोग्राम बनाना कुछ ऐसा ही है जैसे किसी व्यक्ति को किसी कार्य के लिए क्रमबद्ध आदेश देना। हर प्रश्न हल करते समय हमारे पास कोई गणना-सामग्री होती है, और उस सामग्री का उपयोग कर हम कुछ परिणाम प्राप्त करते हैं। इच्छित गणना-पदों को यदि हम कॅम्प्यूटर द्वारा करवाना चाहते हैं तो हमें कॅम्प्यूटर को जहाँ गणना-सामग्री उपलब्ध करानी होगी वहीं उन कुछ गणना-पदों को नियन्त्रित करने के लिए आदेश-कथन भी देने होंगे। कथनों की इस सारी सूची को 'प्रोग्राम' कहते हैं। प्रोग्राम कॅम्प्यूटर को बतलाता है कि वह किस क्रम से किन गणना-पदों को कैसे करे ?

पाकविद्या और प्रोग्रामिंग की समानता

कॅम्प्यूटिंग भाषा लिखने और पाकविद्या की पुस्तक के लिए व्यंजन बनाने की विधि लिखने में काफ़ी समानता है। प्रोग्रामिंग करना एक प्रकार से उत्तररूपी व्यंजन प्राप्त करने के लिए क्रमिक विधि लिखना है। जैसे व्यंजन के लिए कुछ आवश्यक सामग्री चाहिए, वैसे ही प्रश्न का प्रोग्राम बनाने के लिए कुछ राशियों (गणना-सामग्री) के मान का पता होना चाहिए। फिर साधारण क्रियाएँ, निर्णय और आदेश की क्रियाएँ हम पाकविद्या की पुस्तक के अनुसार करते हैं। इसी तरह कॅम्प्यूटर पूरे प्रोग्राम में वर्णित अंकगणितीय, निर्णयात्मक, आदेशात्मक, पुनरावर्ती इत्यादि आदेश-कथनों के अनुसार गणना करता है।

प्रोग्रामिंग भाषा की अपेक्षाएँ

कॅम्प्यूटर का गणित बाइनरी पद्धति में होता है। इसके इलेक्ट्रॉनिक यन्त्र भी बाइनरी आदेशों को बाइनरी गणित से करते हैं। हम कॅम्प्यूटर

को अपनी 'व्यंजनविधि' (प्रोग्राम) ग्राह्य बनाना चाहते हैं तो हमें अपने कथन और आदेश बाइनरी में लिखने होंगे, लेकिन दैनिक जीवन में हम ज्यादातर दशमलव पद्धति और वर्णमाला के वर्णों से अपनी क्रियाएँ करते हैं। बाइनरी में प्रोग्राम लिखना हमारे लिए अपेक्षाकृत दुस्तर होता है।

फोर्ट्रान

फोर्ट्रान कॅम्प्यूटर की एक प्रभावशाली और बहुउपयोगी भाषा है जो अंक, शब्द, वाक्य, पैरा और यहाँ तक कि पूरे पृष्ठ की सूचनाओं के लिए प्रयुक्त की जा सकती है। प्रारम्भ में फोर्ट्रान-भाषा का प्रयोग केवल गणितीय समस्याएँ हल करने के लिए किया गया था। पर आजकल यह सभी कॅम्प्यूटरों में सामान्यतया प्रयोग होनेवाली भाषा है, और विभिन्न क्षेत्रों की समस्याओं—संगीत, मनोविज्ञान, इतिहास, शिक्षा, व्यवसाय, स्वास्थ्य-विज्ञान में बखूबी प्रयोग होती है।

फोर्ट्रान-भाषा के नियम आगे बतलाये गये हैं। उन नियमों को ऐसे लिखा गया है जैसे उनका कोई अपवाद न हो, पर ऐसा होता नहीं है। एक बार उन नियमों को सीख लिया जाये तो बाद में कॅम्प्यूटर विशेष में प्रयुक्त अपवादों को भी जाना जा सकता है।

प्रोग्राम

प्रोग्राम आदेशों की एक श्रृंखला होती है जिसमें गणना करने, डाटा का उपयोग करने और इनपुट-आउटपुट के निर्देश होते हैं। प्रोग्राम बताता है कि कौन-से डाटा का प्रयोग करें, वे कहाँ मिलेंगे, उनको कैसे प्रयोग करें आदि। प्रोग्राम बतलाता है कि उत्तर कहाँ, किस रूप में चाहिए। पृष्ठ पर कितनी पंक्तियाँ लिखें, एक पंक्ति में कितनी संख्याएँ, अक्षर लिखें, पंक्तियों को पृष्ठ पर कहाँ लिखें आदि।

●

6

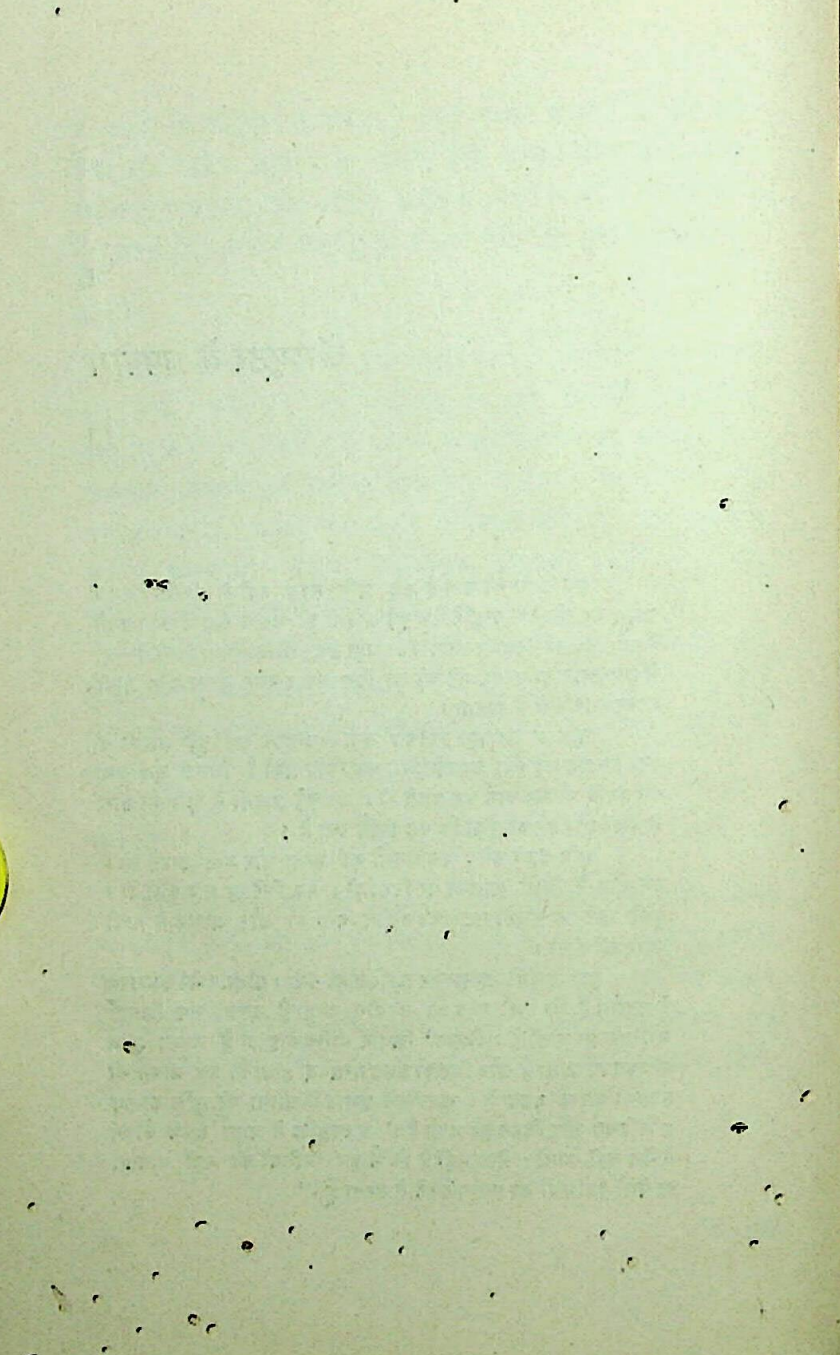
कॅम्प्यूटर के उपयोग

□

एक समय की बात है एक ऋषि सरयू नदी के किनारे-किनारे भ्रमण कर रहे थे। उन्होंने एक बूढ़े आदमी को पास के खेत में काम करते देखा। वह क्यारियाँ बनाता, फिर घड़ा लेकर सीढ़ियों द्वारा पास के कुएँ में उतरता, घड़ा भरता, भरे घड़े को सिर पर रखकर लाता और पानी लाकर क्यारियों में डालता।

ऋषि को यह बड़ा विचित्र लगा। उन्होंने उस बूढ़े आदमी से कहा कि तुम यह क्या कर रहे हो। एक विधि ऐसी है जिससे तुम कम परिश्रम से भी यह कार्य कर सकते हो। उस बूढ़े आदमी ने ऋषि को ग़ौर से देखा और तनकर पूछा कि वह विधि क्या है ?

ऋषि कहने लगे : एक लकड़ी का लम्बा और मोटा डण्डा लो। उसे बीच में किसी आलम्ब पर टिका दो। एक सिरे पर भार बाँध दो। दूसरे सिरे पर बाल्टी लटकाकर ढेंकुली बना लो और आराम से पानी ऊपर खींच लो।

बूढ़ा आदमी यह सुनकर क्रोधित हो गया। बोला, "मेरे अध्यापक ने बताया है कि 'जो यन्त्र का उपयोग करता है उसकी सब क्रियाएँ यान्त्रिक हो जाती हैं। जिसकी क्रियाएँ यान्त्रिक होती हैं उसका हृदय यन्त्रवत् हो जाता है और जिसका हृदय यन्त्रवत् होता है, वह जीवन की सरलता को खो बैठता है। सारल्य के अभाव में आत्मा की मुक्ति का पथ अनिश्चित और विषम हो जाता है।' आत्ममुक्ति में बाधा सच्चे जीवन से मेल नहीं खाती। ऐसा नहीं है कि मैं इन विधियों को नहीं जानता, पर ऐसी विधियों का प्रयोग करने से डरता हूँ।"

कॅम्प्यूटर के उपयोग

मानव और मशीन में अन्तर है। मानव विचारों के अन्वेषण में उनको एकसूत्र में पिरोने में ऊपरी तौर पर असम्वद्ध दिखनेवाले तथ्यों में सम्बन्ध स्थापित करने में, डिजाइनों और पैटर्नों को पहचानने में, जटिलता में से मूल उत्स की तलाश करने में माहिर है। वह सृजनशील है। अव्यक्त है। वह मानवता के प्रति सचेत भी है। कॅम्प्यूटर के गुण इन सबके विपरीत होते हैं। कॅम्प्यूटर में वे सब विशेषताएँ हैं जो मानव में नहीं हैं। कॅम्प्यूटर असीमित राशियों पर सतत ध्यान रख सकता है। वह संक्षिप्त है, विश्वस्त है। गूढ़ और जटिल गणनाओं को वह सरलतापूर्वक, शुद्ध रूप से मानव की अपेक्षा लाखों गुनी तेज़ गति से कर सकता है। वह भावनाशून्य होता है। वह न थकता, न वोर होता है। परेशानी उसे नाममात्र भी नहीं होती। उसे एक वार ही आदेश की आवश्यकता है। वह तथ्यों को तबतक बिलकुल सही तौर पर याद रख सकता है जवतक कि उसे भूलने के लिए नहीं कहा जाये। जव कहा जाता है, तब वह पूर्णतया और तुरन्त भूल जाता है। मानव और मशीन की ये विशेषताएँ एक दूसरे की पूरक हैं। जब वे दोनों मिलकर साथ-साथ काम करते हैं तो एक दूसरे की कमियों को ढँकने में सहायक होने के साथ ही अपनी पृथक् विशेषताओं के दो-दो हाथ दिखाने के लिए भी स्वतन्त्र होते हैं। इस सहयोग की उपयोगिता और शक्ति दोनों की पृथक्-पृथक् शक्तियों के योग से भी अधिक हो जाती है। यही कारण है कि आज कॅम्प्यूटर अनुवाद करने, कविता लिखने, शतरंज खेलने से लेकर यातायात के नियन्त्रण, हवाई-जहाज की निर्माण प्रक्रिया का नियन्त्रण और रॉकेट के गमन-पथ के

निर्धारण तथा संचालन तक में प्रयुक्त होते हैं। उनसे जनगणना का विश्लेषण और कर्मचारियों के वेतन की गणना से लेकर भवन-निर्माण, परीक्षा-क्रमांक, चिकित्सा-निदान और मौसम की भविष्यवाणी तक सम्भव है। सच पूछा जाये तो शायद ही कोई क्षेत्र हो जिसमें कॅम्प्यूटर का उपयोग न होता हो। विज्ञान, शिक्षा, तकनीकी कार्य-संचालन और सूचना-संग्रह में कॅम्प्यूटर की उपयोगिता की संक्षिप्त जानकारी क्रमशः यहाँ प्रस्तुत है।

विज्ञान के क्षेत्र में

विज्ञान के क्षेत्र में कॅम्प्यूटर का उपयोग दो रूपों में होता है। पहले उपयोग में कॅम्प्यूटर को एक उपकरण की तरह, प्रयोग के अंग की तरह प्रयुक्त किया जाता है। दूसरे रूप में कॅम्प्यूटर किसी प्रणाली का अंग न बनकर स्वयं नायक या नियामक की तरह काम करता है। इन दोनों ही रूपों में कॅम्प्यूटर से आर्थिक लाभ है। जिन क्षेत्रों में अवतक सिर्फ़ प्रायोगिक निरीक्षण ही सम्भव थे, वहाँ अव कॅम्प्यूटर ने प्रयोग के साथ ही गणनाओं को भी सम्भव वना दिया है।

सिद्धान्तों के विकास और परीक्षण में कॅम्प्यूटर का नायक रूप बहुत महत्त्वपूर्ण है। सिद्धान्तों को जब कॅम्प्यूटर की भाषा में लिखा जाता है, तब वे अधिक अर्थवान् और गतिशील हो उठते हैं। सिद्धान्तों के अन्तस् की खोजवीन सरल हो जाती है। उनका प्रायोगिक परिणामों से मिलान करने की प्रक्रिया और उनमें तदनुरूप परिवर्तन करने की क्रिया भी सम्भव होती है। सिद्धान्त जव भाषाई या गणितीय रूप में लिखे हों तब यह काम उतना सरल नहीं होता। कॅम्प्यूटर के इस रूप से एक और लाभ हुआ है। विज्ञान की उन शाखाओं के लिए, जिनको गणित के रूप में व्यक्त नहीं किया जाता था, कॅम्प्यूटर ने गणित की आवश्यकता को दर्शाया है और स्वयं उसके रास्ते को खोला है।

प्रयोगों के साथ निरीक्षण होते समय कॅम्प्यूटर का एक सहायक

उपकरण की तरह प्रयोग आजकल काफ़ी प्रचलित है। विज्ञान के प्रारम्भ काल में अधिकांश चीज़ें मनुष्य की इन्द्रियों की सीमा में थीं। ज्यों-ज्यों विज्ञान का विकास होता गया, प्रकृति के जटिल रहस्यों के आगे, मानवीय पर्यवेक्षण-क्षमता और चिन्तना कम पड़ती गयी। एक माचिस की तीली या पेन्सिल को तोड़ने में कितना बल लगाना पड़ेगा, इसका शायद हम अनुमान लगा सकें पर यूरेनियम नाभिक को तोड़ने के लिए कितने बल की आवश्यकता होगी, यह हमारे सामान्य अनुभव से परे की बात है। मनुष्य की गणना करने की इस सीमित शक्ति के आयाम को ही कॅम्प्यूटर ने विकसित किया है।

एक उदाहरण लें: एक्स-रे क्रिस्टलोग्राफ़ी द्वारा प्रोटीन अणु की संरचना ज्ञात करने का। इस प्रयोग में घूमनेवाले एक मंच पर प्रोटीन के मणिभ रव को रखकर उसपर एक दिशा से क्ष-किरणों की बौछार करते हैं। ये किरणें मणिभ पर पड़ती हैं और वहाँ से प्रकीर्णित हो पीछे लगी फ़ोटोग्राफ़िक प्लेट पर चमकीले बिन्दुओं के रूप में रिकॉर्ड हो जाती हैं। इन बिन्दुओं के निर्देशांक और आपेक्षिक तीव्रता प्रोटीन अणु में इलेक्ट्रॉनों के स्थान और घनत्व को दिखलाते हैं। घनत्व विस्तार का यह चित्र ही प्रोटीन अणु का त्रियामी नमूना है। यह प्रयोग करते समय कॅम्प्यूटर के प्रचलन से पूर्व प्रयोगकर्ता को कई क्रियाएँ करनी पड़ती थीं। जैसे, विभिन्न कोणों पर मणिभ को घुमाकर हर बार प्रकीर्णन का फ़ोटो लेना, बिन्दुओं के निर्देशांक और आपेक्षिक तीव्रता की तालिका बनाकर उपयुक्त ग्राफ़ खींचना। ये सब कार्य कॅम्प्यूटर से आज स्वचालित हो गये हैं। मणिभ मंच पर घूमता है और किरणों की तीव्रता कॅम्प्यूटर के नियन्त्रण में प्रकाशगुणज सेल से नापी जाती है। निर्देशांक और तीव्रता की सूचना को कॅम्प्यूटर संख्या के रूप में बदलता है जो दूसरे कॅम्प्यूटर के लिए इनपुट (गणना-सामग्री) का कार्य करता है। इलेक्ट्रॉन घनत्व की इस गणना-सामग्री की सहायता से कॅम्प्यूटर आसिलोस्कोप पर प्रोटीन अणु की संरचना को दर्शाता है। विभिन्न कोणों पर मणिभ अपने-आप घूमता

हैं और आप प्रोटीन अणु की संरचना का चित्र स्क्रीन पर देख सकते हैं। बिलकुल ऐसे ही जैसे माइक्रोस्कोप से किसी सूक्ष्म जीवाणु को देख रहे हों। एक अर्थ में यहाँ कॅम्प्यूटर सूक्ष्मदर्शी बन गया है। पर इतना सब कुछ स्वनियन्त्रित होते हुए भी यह ज्ञातव्य है कि कॅम्प्यूटर ही सब कुछ नहीं है। इसके उपयोग में हर क़दम पर मानवीय तर्क और विवेचन की बड़ी आवश्यकता होती है। कॅम्प्यूटर के विषय में एक शब्द बहुत प्रचलित है—गीगो (GIGO), जिसका अर्थ है—गारबेज इन, ग़ारबेज आउट; यानी कॅम्प्यूटर को यदि कूड़ा गणना-सामग्री मिलेगी तो उत्तर भी वह कूड़ा ही देगा।

क्ष-किरण क्रिस्टलोग्राफ़ी थोड़ी विकसित शाखा है। आजकल अधिकतर साइक्लोट्रान संस्थाओं में प्रयोगों के पर्यवेक्षण सीधे कॅम्प्यूटर द्वारा किए जाते हैं। 'ऐनालॉग से डिजिटल कन्वर्टर' भाग द्वारा इन प्रेक्षणों को संख्या-रूप में बदल दिया जाता है और इन प्रेक्षणों को भविष्य के उपयोग के लिए कॅम्प्यूटर की स्मृति या चुम्बकीय टेप पर संग्रहीत कर लिया जाता है। इन प्रेक्षणांकों में से कुछ को नमूने के तौर पर जाँचा जाता है कि वे अपेक्षित रूप में हैं या नहीं। अगर प्रेक्षण थोड़े ग़लत होते हैं तो प्रयोग-विधि को उसी के अनुसार सुधारा जा सकता है। कॅम्प्यूटर प्रेक्षणों की जाँच करने और तदनुरूप प्रयोग में परिवर्तन करने का कार्य स्वयं कर सकता है। इस सन्दर्भ में कॅम्प्यूटर-उपयोग के लिए दो शब्द बहुप्रचलित हैं—'ओपन-लूप' और 'क्लोज़-लूप'। प्रोटीन का चित्र लेना कॅम्प्यूटर का एक ओपन-लूप प्रयोग था। साइक्लोट्रान प्रयोगों में प्रेक्षण लेना, साथ ही प्रेक्षणों की जाँच के आधार पर प्रयोगों में सुधार कर सकना एक संवृत चक्र (क्लोज़-लूप) क्रिया है। यहाँ कॅम्प्यूटर एक निर्देशक की तरह कार्य करता है। संवृत चक्र के और उदाहरण हैं—लिफ़्ट और तेलशोधक कारख़ाने का नियन्त्रण।

कॉस्मिक किरणों द्वारा फ़ोटो-प्लेट पर छोड़े जानेवाले उच्च ऊर्जाकणों के गमन-पथों की गणना करना, उच्च ऊर्जा भौतिकी का कार्य है। यह

कार्य बड़ा कठिन है। एक्स-रे प्रकीर्णन के प्रयोग की तरह यहाँ भी गणना-सामग्री सुलझे रूप में नहीं होती। एक ही प्लेट पर हज़ारों उच्च ऊर्जा कणों द्वारा छोड़ी हुई रेखाएँ होती हैं। इन रेखाओं के सम्मिलन-विन्दु, कटान विन्दु से विशेष कणों की उत्पत्ति, विशेष प्रकार की प्रक्रियाओं की पहचान करना, उनको अन्य अनुपयुक्त गमन-पथों से पृथक् करना एक जटिल कार्य होता है। फ़ोटोचित्रों को स्कैन करने में कॅम्प्यूटर के उपयोग से आज यह कार्य अपेक्षाकृत सरल हो गया है। विज्ञान की अन्य शाखाओं, जैसे मस्तिष्क में होनेवाले ट्यूमर का पता लगाने में भी कॅम्प्यूटर का इसी तरह उपयोग किया जाता है। ट्यूमर में अवशोषित रेडियोधर्मी समस्थानिक से आनेवाले विकिरणों द्वारा वनाये गये चित्र से ट्यूमर की शक्ल पहचानी जा सकती है।

आजकल विज्ञान के क्षेत्र में वहुत-सा कार्य मॉडल वनाकर और प्रयोग की अवस्थाओं को उसपर सिमुलेट कर सम्पन्न किया जाता है। मॉडल का अर्थ है—वस्तुस्थिति का निकट किन्तु सरल प्रतिरूप और सिमुलेट शब्द का अर्थ है—प्रायोगिक प्रेक्षण के आधार पर नमूने की परिवर्तनशील इकाइयों का चयन करना। मॉडलों का विज्ञान में वहुत प्रयोग हुआ है। न्यूटन के नियम के मॉडल पर ही नेप्चून-ग्रह की खोज हुई। कक्षा में उपग्रह का नियन्त्रण कॅम्प्यूटर द्वारा इसी मॉडल सिमुलेशन पद्धति के आधार पर ही होता है। अगर यह पता करना हो कि प्रोटीन अणु की रचना रस्सी की तरह ऐंठी हुई ही क्यों है, तो हम कहेंगे कि जैसे नल की टोंटी से गिरता हुआ पानी न्यूनतम ऊर्जावाली सतह की तलाश में मुड़ जाता है वैसे ही प्रोटीन अणु का मुड़ना भी सम्भव है। पर इस परिकल्पना की जाँच कैसे करें? यह तभी सम्भव है जब प्रोटीन-शृंखला के सब सदस्यों का पता हो, उनके बीच लगनेवाले वल का ज्ञान हो, जिससे वल के अनुरूप जो ऊर्जा आये उसे हम न्यूनतम कर सकें। लेकिन यह मुश्किल है क्योंकि वल का ज्ञान हमें नहीं है। इसलिए एक अनुमानित संरचना की कल्पना की जाती है (प्रोटीन अणु का मॉडल वनाया जाता है) और

इस ज्ञात संरचना की ऊर्जा निकालकर उसके आसपास में ऊर्जा को न्यूनतम किया जाता है। अब इस क्रिया को उलटे सिरे से दुहराकर, यानी ऊर्जा से बल, बल से घनत्व फैलाव का चित्र ज्ञात किया जा सकता है। इस घनत्व चित्र की तुलना हम प्रयोग से प्राप्त चित्र से कर सकते हैं। यदि वह सही है तो अनुमानित रचना वास्तविकता के समीप थी; नहीं है तो दूसरी रचना अनुमानित की जाती है। इस तरह चक्र संवृत हो जाता है। प्रयोग और सिद्धान्त दोनों एक दूसरे के सहायक बनते हैं : यही कार्य नाभिकीय भौतिकी, रसायन और हाइड्रोडाइनेमिक्स में किया जाता है।

ये तो रही प्राकृत विज्ञानों की बात। जो सामाजिक विज्ञान हैं—जैसे मनोविज्ञान और भाषाशास्त्र—वहाँ पर भी कॅम्प्यूटर ने प्रवेश कर लिया है। यद्यपि पूरी सफलता अभी नहीं मिली है पर कॅम्प्यूटर के उपकरण और नियामक रूप में उत्साहवर्धक प्रयोग उभरकर सामने आ रहे हैं। कॉम्प्यूटर छन्द और तुक का ध्यान रख कविता की पंक्तियाँ बना सकता है, उसकी स्मृति में दो भाषा के समतुल्य शब्द पहले से विद्यमान हों तो वह एक भाषा का दूसरी भाषा में अनुवाद सम्पन्न कर सकता है। इसी तरह व्याकरण की दृष्टि से किसी वाक्य का पद विच्छेद करना भी सम्भव है। पर चूँकि भाषा के क्षेत्र में बिलकुल कड़े नियम लागू नहीं होते, एक ही शब्द विभिन्न अर्थों और रूपों में प्रयुक्त हो सकता है इसलिए इन सब क्रियाओं में कॅम्प्यूटर बहुत सारी निरर्थक बातें भी करता है। कविता में तुक होगी पर वाक्य का कोई अर्थ नहीं होगा, यह स्थिति सम्भव है। कॅम्प्यूटर के पास अभी मनुष्य की तरह की निर्णयात्मक शक्ति नहीं है। प्रायोगिक और उपयोगी परिणामों के लिए शोधकर्ता प्रयत्नशील हैं।

शिक्षा के क्षेत्र में

शिक्षाशास्त्रियों का एक लम्बी अवधि से यह प्रयत्न रहा है कि शिक्षा व्यक्तिविशेष के अनुकूल बने; वह व्यक्ति की क्षमता और रुचि के अनुरूप हो। शिक्षा में इस व्यक्तिगत तत्त्व के समावेश की सम्भावना

कॅम्प्यूटर के उपयोग से पिछले कुछ वर्षों में बढ़ गयी है। कॅम्प्यूटर से शिक्षा ग्रहण करने में हर व्यक्ति कितना जानता है, उसने क्या-क्या ग़लतियाँ कीं, ये सब कॅम्प्यूटर की स्मृति में सुरक्षित रहता है। व्यक्ति अपनी इन कमियों के आधार पर ही इस बात का चुनाव कर सकता है कि आगे उसे क्या सीखना है। अध्यापक को भी विद्यार्थी की प्रतिदिन की प्रगति का पता चल जाता है। बच्चों की सीखने की प्रक्रिया और प्रणाली पर भी प्रकाश पड़ता है जिससे भविष्य के पाठों में अपेक्षित सुधार कर सकना सम्भव हो जाता है। कॅम्प्यूटर पठन-पाठन प्रणाणी में एक और तथ्य महत्त्वपूर्ण है। कक्षा की परीक्षाओं में सिर्फ़ विद्यार्थी ने कितनी ग़लतियाँ कीं यही पता लगता है, पर कॅम्प्यूटर में तो अगला पाठ तभी शुरू होगा जब या तो विद्यार्थी स्वयं ही पिछले पाठ की अपनी ग़लतियाँ सुधार ले या वह कम से कम उनसे परिचित हो जाये।

कॅम्प्यूटर द्वारा शिक्षा प्राप्त करने का क्षेत्र आज इतना विस्तृत है कि भौतिक शास्त्र से लेकर टाइपिंग तक कॅम्प्यूटर से सीखा जा सकता है। सामाजिक दृष्टि से कॅम्प्यूटर का यह सबसे उपयोगी स्वरूप टाइम-शेयरिंग और रिमोट-प्रोसेसिंग-सुविधा के कारण उभरा है। इस विधि में अपने कक्ष में बैठा विद्यार्थी कक्षा में सिखाये जा रहे पाठ्यक्रम के समानान्तर अभ्यास कार्य कर सकता है। आज साधारण, मध्यम और उच्च तीनों ही स्तरों के लिए कॅम्प्यूटर में पाठ्यक्रम उपलब्ध हैं। इन पाठों में 'कैथोड-रे-ट्यूब' का प्रयोग महत्त्वपूर्ण है जिसके स्क्रीन पर दृश्य-रूप में पाठ सामने आते रहते हैं। विद्यार्थी या तो उसी क्रीन पर लाइटपेन नामक प्रकाशीय यन्त्र से लिखकर, संकेत भेजकर या एक टाइपिंग मशीन की सहायता से टाइप कर अपना उत्तर या अपनी जिज्ञासा कॅम्प्यूटर को भेज सकता है। सीखने के पाठ कुछ इस तरह के बने हुए होते हैं कि विद्यार्थी को बहुत कम लिखना पड़ता है। कैथोड-रे-ट्यूब के दृश्य रूप के साथ ही लाउड स्पीकर द्वारा बोलने का भी माध्यम अपनाया जाता है क्योंकि कुछ विद्यार्थी सुने हुए शब्दों से अधिक प्रभावित होते हैं। कॅम्प्यूटर पाठ क्रमिक बढ़ती हुई

कठिनता के बनाये जाते हैं जिससे विद्यार्थी अपने अनुरूप प्रश्न छाँट सके या अपने स्तर का चुनाव कर सके। जैसे भिन्नों के सवाल हल करने हैं तो क्रमिक बढ़ती स्थितियाँ ये होंगी—(1) ऐसे सवाल जिनके 'हर' समान हैं। (2) जिनके हर 2 से अलग हैं। (3) हर 3, 4, 5 इत्यादि से अलग हैं। विद्यार्थी अपनी सुविधानुसार आगे या पीछे जा सकता है और अपने स्तर का अनुमान लगा सकता है।

एक पूरा कोर्स करने पर कॅम्प्यूटर विद्यार्थी की रिपोर्ट कि उसने कितने प्रश्न सही किये, कितने प्रश्न वह नियत समय में न कर सका, कितने प्रश्न ग़लत किये, पूरे कोर्स को करने में उसने कितना समय लगाया, आदि देता है। यदि पूरा कोर्स करने के पश्चात् भी विद्यार्थी में अपेक्षित क्षमता नहीं आयी है तो अध्यापक को विशेष रूप से उस विद्यार्थी पर व्यक्तिगत ध्यान देना होगा। यह उदाहरण अभ्यास करने हेतु प्रश्नों का था। दूसरी तरह के प्रोग्राम ट्यूटोरिल के रूप में होते हैं; जैसे, छोटे बच्चों को यह समझाना कि बायें-दायें, ऊपर-नीचे आदि का क्या अर्थ है? प्रोग्राम में चित्रों द्वारा, विद्यार्थी की क़लम ऊपर-नीचे, दायें-बायें रखवाकर कॅम्प्यूटर अध्यापक का कार्य करता है। एक तो शिक्षार्थी का व्यक्तिगत रूप से पठन-पाठन होता है, दूसरे शिक्षक को अन्य उपयोगी और प्रभावी कार्यक्रम बनाने जैसे क्रियात्मक कार्यों के लिए समय मिल जाता है। एक ऐसा ही उदाहरण ज्यामिति में प्रमेय सिद्ध करने का है, जिसमें कुछ दिये गये तथ्यों के आधार पर किसी परिणाम पर पहुँचना होता है। यह क्रिया कई विधियों से सम्भव है। आप किसी भी विधि को अपनायें, कॅम्प्यूटर हर क़दम पर बतायेगा, चेतावनी देगा कि यह क़दम सही है या नहीं; कहीं यह प्रारम्भिक उपपत्ति के विरुद्ध तो नहीं है। इस उत्तरोत्तर शुद्धीकरण से शिक्षार्थी में अपने हर क़दम को सँभलकर उठाने की आदत का समावेश होता है; जो न केवल शिक्षा के क्षेत्र में अपितु जीवन के हर क्षेत्र में काफ़ी महत्त्वपूर्ण है।

कॅम्प्यूटर का शिक्षा के क्षेत्र में उपयोग अभी सीमित ही है। प्रयोगों

में अभी सिर्फ़ कुछ विषयों को ही लिया गया है। विषय को किस प्रकार प्रस्तुत किया जाये कि वह हर बौद्धिक स्तर के विद्यार्थी के अनुरूप हो, विद्यार्थी द्वारा बोले गये प्रश्नों को, जिनकी शब्द रचना काफ़ी जटिल हो सकती है, कॅम्प्यूटर कैसे पहचाने ? ऐसी कई तकनीकी और शिक्षा-शास्त्रीय समस्याओं का हल निकालना अभी बाक़ी है। शिक्षा के क्षेत्र में कॅम्प्यूटर का विश्वस्त होना अत्यन्त आवश्यक है। ताकि उसके ग़लत पढ़ा देने से उसपर से विश्वास न उठ जाये। एक प्रश्न यह भी है कि क्या विद्यार्थी की ग़लती को तत्काल बता देना उचित है ? क्या पठन-पाठन की सारी सूचनाओं को इकट्ठा कर रखना सम्भव है ? एक और प्रश्न विद्यार्थियों की विविधता का है। विद्यार्थी तरह-तरह के होते हैं—जैसे, अन्तर्मुख, बहिर्मुख आदि। क्या उन सबको एक ही पाठ्यक्रम से शिक्षा देना उचित है ? यह प्रश्न वस्तुतः शिक्षा-शास्त्रियों के सामने काफ़ी समय से है। कॅम्प्यूटर इसको और उजागर करता है। शायद वर्तमान अर्थ-व्यवस्था पाठ्यक्रम की इस विविधता को सरल करने में समर्थ नहीं हो; पर जैसे-जैसे कॅम्प्यूटरों का उपयोग बढ़ेगा, वे सस्ते एवं सहज उपलब्ध होंगे, उनकी तकनीक में पूर्ण नियन्त्रण उत्पन्न होगा। विविधता लाना भी असम्भव नहीं रहेगा।

तकनीकी के क्षेत्र में

व्यवसाय, उद्योग व कल-कारखानों के तकनीकी पक्ष में कॅम्प्यूटर का उपयोग दो प्रकार से होता है। एक तो कॅम्प्यूटर से लम्बी गणनाएँ कराकर; दूसरे कॅम्प्यूटर को मानव कार्य-कुशलता का क्रियाशील अंग बनाकर। कॅम्प्यूटर पूरे प्लाण्ट को नियन्त्रित भी कर सकता है या किसी अंग या गणना की सूचना भी आवश्यकता होने पर दे सकता है। एक रसायन उत्पादक कारखाना इसका एक अच्छा उदाहरण है जहाँ कॅम्प्यूटर कई परिवर्तनशील राशियों व अवस्थाओं को इस प्रकार नियन्त्रित करता है कि उत्पादन व उत्पादन की गुणवत्ता महत्तम हो। राशियाँ हैं—ताप,

दबाव, बहाव, वाल्वों की स्थिति, श्यानता, रंग इत्यादि। ये सब राशियाँ एक दूसरे से जटिल अरेखीय समीकरणों द्वारा सम्बन्धित होती हैं। अगर एक नली में बहनेवाले दो तरल पदार्थों में से एक कम मात्रा में बह रहा है तो कॅम्प्यूटर को केवल यह उचित नहीं होगा कि दूसरे द्रव के प्रवाह को नियन्त्रित करनेवाले वॉल्व को ज्यादा खोल दे, हो सकता है कि वह पहले से ही पूरा खुला हो, अतः कॅम्प्यूटर दोनों वॉल्वों का नियन्त्रण इस प्रकार करता है कि दोनों के उचित अनुपात का प्रवाह हो। एक ही कॅम्प्यूटर प्लाण्ट के सुदूर स्थित भागों से सूचना ग्रहण कर सकता है और उन्हें महत्तम उत्पादन हेतु उचित आदेश देकर उनका नियन्त्रण भी कर सकता है। कॅम्प्यूटर पूर्ण विश्वस्त है क्योंकि यह विषम स्थितियों में भी कार्य कर सकता है; अतः उन प्रक्रियाओं पर भी नियन्त्रण सम्भव है जो मानव द्वारा शायद कभी भी सम्भव न होता।

जटिल औजारों और अत्यन्त सूक्ष्म परिशुद्धता चाहनेवाले यन्त्रों की निर्माण-प्रक्रिया का नियन्त्रण भी कॅम्प्यूटर द्वारा सम्भव है। अधिकतर ड्रिलिंग के कामों में कटर धातु पर घूमकर कार्यकर्ता की कुशलता से विभिन्न ज्यामितीय आकार देता है। कटिंग की प्रक्रिया को कॅम्प्यूटर द्वारा नियन्त्रित कर बहुत शुद्ध, बहुत बड़े पैमाने पर और जटिल से जटिल आकारों का निर्माण शीघ्र से शीघ्र सम्भव है। धातु के व्यर्थ जाने की सम्भावना, कार्यकर्ता के प्रमाद से अपूर्णता की सम्भावना आदि टल जाती है और कई ऐसे आकारों का निर्माण भी सम्भव हो जाता है जिनका निर्माण पहले असम्भव था। वायुयान के पंखों के निर्माण में ऐसे ही सूक्ष्म नियन्त्रण की आवश्यकता होती है।

मानव और कॅम्प्यूटर के सहयोग से इंजीनियरिंग डिज़ाइन का एक नवीन क्षेत्र उभरा है—कॅम्प्यूटर-ऐडेड डिज़ाइन का, इसमें विचारों के साथ प्रयोग सम्भव है। किसी भी उपकरण की रूपरेखा तैयार करना, जाँचना, निर्णय लेना, प्रयोग से परीक्षित करना और अन्त में एक उपयोगी रूप देना—ये सब कार्य होने के पश्चात् सिर्फ़ यान्त्रिक कार्य रह जाता है,

जिसके लिए प्रोग्राम बनाकर कॅम्प्यूटर की सहायता ली जाती है। ऐसे प्रोग्राम आज उपलब्ध हैं जो ट्रांसफ़ार्मर वाइंडिंग, वायरिंग डायग्राम या प्रिण्टेड सर्किट बोर्ड बना सकते हैं। इसका मुख्य उपयोग माइक्रो-इलेक्ट्रॉनिकी के क्षेत्र में है जहाँ सर्किट के अवयव इतने सूक्ष्म होते हैं कि नंगी आँखों से उन्हें देखना असम्भव है। ऐसे प्रोग्राम भी उपलब्ध हैं जो पुलों के निर्माण के लिए आवश्यक सभी गणनाएँ उपलब्ध करते हैं। यह इंजीनियरिंग के क्षेत्र में ऐसी युक्ति है जो हर बार नयी सृजनशीलता की माँग नहीं करती।

एक ऐसा प्रोग्राम भी बनाया गया है जिसमें आप किसी भी निर्माण-कार्य की ज्यामितीय आकृति व आकार बतायें, कॅम्प्यूटर तुरन्त उसपर आनेवाली लागत बता देगा। उस ज्यामिति में मनचाहा परिवर्तन भी स्क्रीन पर 'लाइट पेन' से लिखकर कर सकना सम्भव है। कई बार ज्यामितीय आकृति काफ़ी विषम भी हो सकती है—जैसे टेलीफ़ोन का बूथ, षट्कोणिक रचना या सिगार का आकार। ऐसे समय कॅम्प्यूटर बड़े काम का साधन साबित होता है। कुछ मूलभूत आकृतियों को कॅम्प्यूटर की स्मृति में अवस्थित कर उनके विभिन्न अनुपातों और विभिन्न क्रमों में संयोजन से बननेवाली आकृतियाँ ज्ञात की जा सकती हैं। कॅम्प्यूटर जो आकृति बनाता है उसका गणित उसके पास होता है। अतः उस आकृति का अन्तःअन्वेषण भी सरल है। यदि आकृति में कुछ परिवर्तन किया गया तो गणित भी तदनुकूल बदल जाता है। यह एक प्रकार का गणितीय मूर्ति-रचना-शिल्प है।

इसी प्रकार इलेक्ट्रॉनिक्स का कोई सर्किट खींचकर उसका व्यवहार जान सकते हैं? किसी समस्या को हल करने का प्रवाह-चित्र खींचकर उसमें क्या पद होंगे, और एक निश्चित परिणाम तक पहुँचने के लिए उसमें क्या परिवर्तन आवश्यक होंगे—यह जान सकते हैं।

इंजीनियर, अर्थशास्त्री, समाजशास्त्री व मनोवैज्ञानिक सभी इस दिशा में प्रयत्नशील हैं कि कॅम्प्यूटर ऐडेड डिज़ाइन एक प्रतिदिन की वास्तविकता बन सके।

कार्य संचालन में

कॅम्प्यूटर की कार्य-प्रणाली वस्तुतः मानवीय कार्य-प्रणाली एवं किसी भी व्यवसाय की कार्य-संचालन-विधि के समान है। इसलिए यह असम्भव नहीं कि भविष्य में मानव के सम्पूर्ण कार्य, संचार व नियन्त्रण को कॅम्प्यूटर अपने हाथ में ले ले।

सर्वप्रथम कॅम्प्यूटर से साधारण दैनिक एवं एक ही गणना की पुनरावृत्ति करनेवाले कार्य लिये जाते थे। जैसे वेतन-सूची बनाना, बैंक के एकाउण्ट रखना, बीमा-कम्पनी का हिसाब रखना, बीमादारों को क़िस्त जमा कराने के नोटिस भेजना, आदि। पर आज सरकारी और व्यावसायिक कार्यालयों में ऐसे हज़ारों कॅम्प्यूटर हैं जिनसे कई ऐसे नये-नये कार्य लिये जाते हैं जो सिर्फ़ कॅम्प्यूटर की अप्रतिम गति, क्षमता और विश्वसनीयता के अभाव में असम्भव थे। मानवीय समाज के संचालन में उपयोगी तत्त्वों के समान ही कॅम्प्यूटर-प्रोग्राम में भी कुछ नियन्त्रक-कथन (मैनेजर के समान) होते हैं जो क्रिया करनेवाले कथनों (कार्यकर्ताओं के समान) पर नियन्त्रण रखते हैं। सबरूटीन कुछ विशेष सामान्य उपयोग के कार्य सम्पन्न करते हैं। प्रोग्राम आजकल छोटी-छोटी स्वतन्त्र इकाइयों के मोड्यूल के रूप में बनाये जाते हैं, ताकि आवश्यकतानुसार स्वतन्त्र इकाइयों का या दो-तीन इकाइयों को मिलाकर उपयोग किया जा सके। रियल टाइम सिस्टम में यह सुविधा भी होती है कि बाह्य वातावरण का प्रभाव भी कॅम्प्यूटर पर पड़ता रहता है और परिस्थिति के अनुसार कॅम्प्यूटर अपने प्रोग्राम में स्वयं ही परिवर्तन करता रहता है। यानी वास्तविक संसार से उसका सीधा सम्बन्ध होता है। मिसाइल का संचालन कर उसे लक्ष्य तक पहुँचाने में और अन्तरिक्ष यानों का संचालन एवं मार्ग-निर्देशन कर निश्चित कक्षाओं में पहुँचाने का कार्य भी कॅम्प्यूटर से लिया जाता है। दुश्मन के क्रिया-कलापों का राडार, वायुयानों, जलयानों आदि से किये गये अवलोकनों से प्राप्त संकेतों का विस्तृत विश्लेषण कर उन परिस्थितियों में क्या क़दम उठाना चाहिए—

यह सलाह भी कॅम्प्यूटर देता है। मानव-क्रियाओं के समान, यह सभी कार्य रियल टाइम सिस्टम के कारण ही सम्भव हो पाये हैं। बैच-प्रोसेसिंग में सारे प्रोग्राम एक 'टेप' से फ़ीड होते हैं पर टाइम-शेयरिंग में एक साथ बहुत स्थलों से कई सूचनाएँ व उपयुक्त प्रोग्राम काम में लाये जा सकते हैं। विभिन्न उपयोगी प्रोग्रामों को आवश्यकता पड़ने पर तुरन्त उपलब्ध करना कॅम्प्यूटर की क्षमता के अन्तर्गत आता है। रियल टाइम सिस्टम का विकास भी कॅम्प्यूटर के विकास के समान ही पहले-पहल सैनिक आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए हुआ था; पर अब वह व्यवसाय एवं उद्योग में भी आ गया है।

हवाई अड्डे पर अवस्थित कॅम्प्यूटर से कोई भी व्यक्ति सीट के रिज़र्वेशन एवं वायुयान के आने-जाने के समय से सम्बन्धित प्रश्न का उत्तर तीन सेकण्ड में प्राप्त कर सकता है। यही कॅम्प्यूटर मौसम के अनुसार वायुयान के उतरने व उड़ान भरने सम्बन्धी आवश्यक निर्देश भी देते हैं। भविष्य में रेलें और मोटर गाड़ियाँ भी कॅम्प्यूटरों से नियन्त्रित रहेंगी ताकि अधिक से अधिक लाभ उठाया जा सके; हानि न्यूनतम हो, और सभी वाहन अपने गन्तव्य स्थानों पर यथासमय पहुँचें। सबसे बड़ी बात यह होगी कि दुर्घटनाओं के होने की सम्भावना न्यूनतम की जा सकेगी। दुर्घटना के फलस्वरूप होनेवाली जन-धन की विशाल हानि और अन्य वाहनों के यातायात में होनेवाली बाधाओं को मिटाया जा सकेगा।

बैंक इंश्योरेंस और बाज़ार में कॅम्प्यूटर का सहयोग बढ़ रहा है। कितना रुपया गया, कितना आया,—यह हिसाब तत्काल ज्ञात होता रहता है। इंश्योरेंस एजेण्ट की पहुँच में हर पॉलिसी-होल्डर की फ़ाइल हमेशा रहती है। अब व्यापार और आदान-प्रदान के मोल-भाव बाज़ार में न होकर कॅम्प्यूटर द्वारा अपने स्थान पर बैठे-बैठे ही हो सकेंगे। इस तरह के व्यवहार से कम्पनियों के व्यवसाय और समाज में एकसूत्रता आयेगी। यान्त्रिक क्रियाओं के सन्दर्भ में कॅम्प्यूटर सर्वप्रथम यह बताता है कि कौन-सा रास्ता सर्वसुगम है, फिर उस यान्त्रिक क्रिया को वह कर

भी सकता है। उदाहरण के लिए, पिन बनाने के लिए उचित मोटाई का तार लाना पड़ता है, उसे खींचना पड़ता है, काटना पड़ता है, सिरे बनाने पड़ते हैं, आदि; इस प्रकार पिनों के निर्माण में कुल 18 क्रियाओं की आवश्यकता पड़ती है। इस तरह 10 आदमी एक दिन में अधिक से अधिक 48,000 पिनें बना पाते हैं। पर इसी क्रिया को एक कॅम्प्यूटर द्वारा संचालित मशीन प्रतिदिन लाखों के हिसाब से बना सकती है।

इस प्रकार हमारे अभी उपलब्ध उत्पादन संस्थानों में ही अधिक कुशलता से कार्य होने के कारण उत्पादन बढ़ जायेगा और उत्पादन-लागत में कमी आ जायेगी; क्योंकि उसी उत्पादन को करने के लिए नये कारखाने लगाने पर आनेवाली निर्माण-लागत नहीं पड़ेगी। जैसा कि आम विचार है कि इससे बेरोज़गारी बढ़ेगी, पर असल में इससे बेरोज़गारी नहीं बढ़ेगी; सिर्फ़ कुछ व्यक्तियों का कार्य कुछ भिन्न प्रकार का हो जायेगा। ऐसे कॅम्प्यूटरयुक्त स्वचालित समाज की निश्चय ही कुछ बुराइयाँ हैं। व्यक्तिगत विशिष्टता का अभाव या कॅम्प्यूटर का समाज-विरोधी कार्यों के लिए उपयोग। पर यह भय तो नाभिकीय ऊर्जा के समान ही इस बात पर निर्भर है कि कॅम्प्यूटर का कैसे उपयोग किया जाये। सारी परेशानी मनुष्य के विचारों के कारण ही सम्भव है; मशीन से नहीं, क्योंकि मानव ही मशीन का नियन्त्रण करता है।

सूचना-संग्रह और सूचना प्रसार के क्षेत्र में

मानव की मूलभूत विशेषताओं में से एक यह भी है कि वह अपने अनुभवों और विचारों का प्रसार कर सकता है। वह यह प्रसार केवल ध्वनि और मुद्राओं से ही नहीं करता बल्कि इसके लिए उसने स्थायी और सुलभ साधन बना रखे हैं; जैसे हस्तलिपि, छपाई, रेखाचित्र, ग्राफ़, फ़ोटो, चित्र इत्यादि। सूचना-संग्रह के ये सभी स्थायी तरीक़े रिकॉर्डस् कहलाते हैं। सूचना-संग्रह और प्रसार के केन्द्रों, जैसे पुस्तकालय, वाचनालय आदि का उद्देश्य होता है—इन रिकार्डों को कुशल ढंग से संग्रह कर,

विभिन्न विषयों के अन्तर्गत विभाजित कर, अकारादि क्रम से इस प्रकार से रखना कि पाठक की आवश्यकता के अनुरूप उपलब्ध रिकॉर्डों में से किसी को भी बिना विलम्ब उपलब्ध किया जा सके।

हर व्यक्ति चाहता है कि ज्यादा से ज्यादा सूचना तक उसकी पहुँच हो और वह उसे शीघ्र और सही रूप में प्राप्त कर सके। कॉम्प्यूटर के आगमन पर वैज्ञानिकों की इच्छा हुई कि इसके माध्यम से पूरा पुस्तकालय हर एक को हर समय उपलब्ध किया जाये। इस क्षेत्र में काफ़ी प्रगति हुई है पर अभी पूर्णता प्राप्त नहीं हुई है। हाँ, कुछ निश्चित क्षेत्रों, जैसे नाभिकीय ऊर्जा आदि के क्षेत्रों में सूचनाओं के संग्रह और प्रसार में सन्तोष-जनक सफलता प्राप्त हुई है। परेशानी द्रुतगामी मशीनों के विकास की उतनी नहीं है जितनी कि विभिन्न व्यक्तियों की विभिन्न आवश्यकताओं से परिचित होने की है।

सूचना का संग्रह और उसका उपयोग हम एक दूसरे से काफ़ी विलग रूपों में करते हैं। पत्र-व्यवहार की फ़ाइल, वही-खाता, पाक-विज्ञान की पुस्तक, शब्दकोष, पुस्तकों का सूचीपत्र आदि ऐसे उदाहरण हैं जिनकी विविध रूपों में मनुष्य को आवश्यकता होती है। इस पूरे उपक्रम में तीन प्रक्रियाएँ आवश्यक होती हैं—रिकॉर्डों का विश्लेषण करना (क्रमबद्ध रूप से लगाना, आदि), नये रिकॉर्डों को पुराने रिकॉर्डों के साथ संलग्न करना और इन रिकॉर्डों को एक स्थल से दूसरे स्थल तक उपलब्ध कराना। वास्तव में होता यह है कि रिकॉर्डों को क्रमबद्ध कर एक स्थान पर संग्रहीत कर दिया जाता है। उपयोगकर्ता प्रश्न करता है और मशीन उस प्रश्न के उत्तर को उस संग्रह से खोजकर उपयोगकर्ता को देती है। संग्रह में कई प्रकार की सूचनाएँ संग्रहीत की जा सकती हैं। मान लीजिए, छाया-चित्रों (फ़ोटोग्राफ़) का एक संग्रह है, हर छायाचित्र के बारे में ये सूच-नाएँ मिल सकती हैं कि किस दिनांक को, कहाँ, और किसके द्वारा खींचा गया था, और उस छायाचित्र में कौन-कौन लोग हैं; कौन से कैमरे का, किस लेंस और फ़िल्म के साथ उपयोग कर छायाचित्र लिया गया था,

उस समय परिस्थितियाँ क्या थीं, एक्सपोजर के लिए कितना समय दिया गया था, एपरचर कितना रखा गया था, उस छायाचित्र को किसने, किस घोल का प्रयोग कर, कौन-सा तरीक़ा इस्तेमाल कर, कब, कहाँ और किन परिस्थितियों में डेवलप किया था। पर यह सूचनाएँ पूर्ण नहीं हैं। किसी प्रश्नकर्ता का प्रश्न इस सीमा से बाहर भी हो सकता है—जैसे फ़ोटोग्राफ़र का छायाचित्र में आनेवाले व्यक्तियों से आपसी सम्बन्ध आदि। अतः एक को ही अपने आप में सर्वथा पूर्ण सूचना-संचयन का स्थल नहीं बनाया जा सकता। हर संग्रह की अपनी एक सीमा होगी।

अच्छा केन्द्र केवल सूचनाएँ ही प्रदान नहीं करेगा, अनुत्तरित प्रश्नों के अनुसार केन्द्र में और क्या ऐसे परिवर्तन होने आवश्यक हैं कि वह उन प्रश्नों के उत्तर भी दे सके—इसका भी संकेत कह देगा। इसी तरह उपयोगकर्ता भी यह पता कर सकेंगे कि इस कॅम्प्यूटर से किस प्रकार की सूचनाएँ प्राप्त हो सकती हैं, ताकि वे उस कॅम्प्यूटर का उसी सीमा में हो उपयोग करें।

ऐसे केन्द्रों में साधारणतया दो प्रकार की विधियाँ अपनायी जाती हैं। पहली विधि में पूरे संग्रह को हर सम्भव तरीक़े से विभिन्न शाखाओं में विश्लेषित कर नियोजित कर रखा जाता है। जिससे विशेष शाखा का प्रश्न पूछे जाने पर उसका उत्तर प्राप्त करने में कम समय लगे। दूसरे तरीक़े में शाखा का ध्यान उपयोगकर्ता को रखना आवश्यक नहीं है, कॅम्प्यूटर स्वयं हर एक उपलब्ध रिकॉर्ड को खोजकर आपके प्रश्न का उत्तर देता है। इस विधि में क्योंकि हर रिकॉर्ड को खोजना पड़ता है अतः समय निश्चित रूप से अधिक लगता है। पहली विधि तभी ज़्यादा उपयोगी है, जब उपयोगकर्ता अपने प्रश्न को वर्गीकृत कर सके। वस्तुतः प्रयोग में दोनों विधियों का मिश्रित रूप अपनाया जाता है। प्रयोगकर्ता को अपनी आवश्यकता का पूरा-पूरा अनुमान पहले से ही लगा लेना कठिन है, अतः कुछ रिकॉर्डों की खोज की आवश्यकता तो रहेगी ही, पर थोड़ा-बहुत पूर्व वर्गीकरण ज़्यादा स्मृति-संग्रह की आवश्यकता और

समय को बचाने में योगदान देता है। यह विशेष प्रकार के संग्रह की आवश्यकता पर निर्भर करता है । सामाजिक आवश्यकताओं के लिए और सैनिक आवश्यकताओं के सूचना-संग्रह में निश्चय ही निम्न प्रकार के वर्गीकरण की आवश्यकता होगी ।

व्यवसाय की तरह पुस्तकालयों में भी कॅम्प्यूटर पुस्तकों की खरीद, नयी पुस्तकों का वर्गीकरण, पुस्तकों के अवदान एवं लौटने का रिकॉर्ड रख सकता है। कॅम्प्यूटर हर दिन यह भी बतायेगा कि आज कौन-कौन-सी पुस्तकों के लौटाने की आखिरी तिथि खतम हो गयी है। उनको वह रिमाइण्डर भी भेज देगा। कॅम्प्यूटर क्रमबद्ध इण्डेक्सिग भी स्वयं कर सकता है।

□□

7

परिशिष्ट

□

भारत में कॅम्प्यूटर उद्योग

कहा जाता है कि सर्वप्रथम भारतीय एनालॉग कॅम्प्यूटर 1953 में भारतीय सांख्यिकी संस्थान (इण्डियन स्टेटिस्टिकल इंस्टीट्यूट) द्वारा निर्मित किया गया।

परन्तु प्रथम इलेक्ट्रॉनिक डिजिटल कॅम्प्यूटर के निर्माण का श्रेय 'टाटा आधारभूत शोध संस्थान' को प्राप्त है, जिसने फ़रवरी 1960 में 'टिफ़रेक' (टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ़ फण्डामेण्टल रिसर्च ऑटोमैटिक कैलकुलेटर) बनाया। इसके पश्चात् TIFR ने एक ऑन लाइन डेटा प्रोसेसर (ओल्डेप—OLDAP) का भी विकास किया। दूसरा भारत निर्मित डिजिटल कॅम्प्यूटर 'भारतीय सांख्यिकी संस्थान' (ISI) और 'जादवपुर विश्वविद्यालय' (JU) के संयुक्त प्रयोग द्वारा 1965 में निर्मित, द्वितीय पीढ़ी का बहु उपयोग कॅम्प्यूटर 'इसीजू' (ISIJU) था। तीसरा भारतीय डिजिटल कॅम्प्यूटर भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र द्वारा 1969 में निर्मित उच्च गतिवाला वास्तविक समय कॅम्प्यूटर TDC-12 (ट्राम्बे डिजिटल कॅम्प्यूटर–12) था। यह कॅम्प्यूटर प्रति सेकण्ड क़रीब 250,000 जोड़ या बाक़ी की क्रियाएँ करने में सक्षम है।

TDC–12 के व्यापारिक उत्पादन का भार परमाणु ऊर्जा आयोग के एक विभाग—इलेक्ट्रॉनिक कॉरपोरेशन ऑव इण्डिया लि. (ECIL) ने सँभाला और ECIL के कॅम्प्यूटर-संभाग से पहला TDC–12 सन् 1971 में बनकर निकला।

नवीनतम उपलब्ध आँकड़ों के अनुसार आज भारत में क़रीब 233 कॅम्प्यूटर कार्यरत हैं, फिर भी यह लोगों में कॅम्प्यूटर सम्बन्धी जागरूकता

लाने और मुख्य ग्राहकों को शिक्षित करने के क्षेत्र में अपर्याप्त है। व्यापारिक और प्रशासनिक क्षेत्रों में कॅम्प्यूटर-शक्ति आनुपातिक रूप से अधिक केन्द्रित है। शैक्षणिक एवं वैज्ञानिक शोध संस्थानों, और शिक्षा एवं ट्रेनिंग की व्यवस्थावाले मरम्मत केन्द्रों में कॅम्प्यूटरों पर बहुत कम खर्च किया गया है। इन क्षेत्रों में सही कॅम्प्यूटर निकाय की उपलब्धि काफ़ी महत्त्वपूर्ण है। आशा है ECIL द्वारा निर्मित TDC–12 शृंखला के कॅम्प्यूटर इस दिशा में आनेवाली कठिनाइयों से कुछ राहत दिला सकेंगे। हमारे देश में औद्योगिक प्रक्रियाओं के नियन्त्रण और नियमन के क्षेत्र में छोटे और मध्यम आकार के कॅम्प्यूटरों के उपयोग की अत्यधिक सम्भावनाएँ हैं। आजकल ECIL तृतीय पीढ़ी के बड़े कॅम्प्यूटर निकाय बना रहा है जो अन्य स्थानों पर कार्यरत इसी प्रकार के कॅम्प्यूटरों से अधिक कार्य-कुशल और विश्वसनीय हैं। ECIL द्वारा निर्मित तृतीय पीढ़ी के कॅम्प्यूटरों के सम्भाव्य उपयोगों में नाभिकीय रिएक्टरों का नियन्त्रण, अन्तरिक्ष अनुसन्धान, प्रतिरक्षा, वैज्ञानिक और डाटाप्रोसेसिंग आदि क्षेत्र प्रमुख हैं।

भारत में कॅम्प्यूटर-उद्योग के विकास के वर्णन में यदि दो अन्तर्राष्ट्रीय कम्पनियों—इण्टरनेशनल कॅम्प्यूटर्स (इण्डिया) लि. (ICL) और इण्टरनेशनल बिज़नेस मशीन्स (IBM) का नाम न लिया जाये तो विवरण अधूरा रह जायेगा। IBM सन् 1950 से भारत में अपना व्यापार कर रही है। इसने भारत में अपनी निर्माण-गतिविधियाँ 1963 में शुरू कीं। इनके बम्बई स्थित कारखाने में की-पंच उपकरणों का निर्माण और 1401 केन्द्रीय गणना इकाइयों, यूनिट रिकार्ड और अन्य पेरिफ़ेरियल उपकरणों का संकलन और मरम्मत की जाती है। इनका यह कारखाना कुर्ला में स्थित है और इसने अन्य स्थानों पर ट्रेनिंग एवं मरम्मत केन्द्रों का जाल बिछा रखा है। इसके द्वारा निर्मित द्वितीय पीढ़ी के कॅम्प्यूटर का कुछ भाग तो भारत में बनता है और कुछ भाग यहाँ संकलित किया जाता है। IBM वैज्ञानिक एवं औद्योगिक दोनों प्रकार

के कॅम्प्यूटर बनाता है। यह कम्पनी भारत से पंच कार्ड उपकरणों को ऑस्ट्रेलिया, कॅनाड़ा, फ़ान्स, वेल्जियम, इटली और नीदरलैण्ड को निर्यात करती है। IBM के वम्वई स्थित कारखाने में निर्मित 029 प्रकार की इलेक्ट्रोमेकैनिकल 'की-पंच' मशीनें संसार के केवल चार अन्य देशों में बनती हैं। यह मशीनें भारत से संसार के 40 देशों को निर्यात की जाती हैं। IBM ने विभिन्न यान्त्रिक भाग उपलब्ध करानेवाले क़रीव 200 लघु उद्योगों को विकसित किया है।

इण्टरनेशनल कॅम्प्यूटर्स (इण्डिया) लिमिटेड पूरी तरह भारतीय मुद्रा के सहयोग से स्थापित डाटा प्रोसेसिंग उपकरणों को निर्माण करने-वाला संस्थान है। इसने अपना कार्य 1963-64 में एक सरल 'विद्युत्-यान्त्रिक छँटाई' (इलेक्ट्रोमेकैनिकल सॉर्टर) मशीन के निर्माण से प्रारम्भ किया था। इसे ब्रिटेन स्थित अपनी मूल कम्पनी के अनुभव एवं अनुसन्धान-सुविधा का लाभ प्राप्त है। पूना में 11 एकड़ क्षेत्र में निर्मित इसके कारखाने में स्थानीय बाज़ार के साथ-साथ विदेशों—अमरीका, पश्चिम जर्मनी, जापान, स्विटज़रलैण्ड, न्यूजीलैण्ड, आस्ट्रेलिया आदि के लिए भी उत्पादन किया जाता है। 'सॉफ़्ट वेयर' के क्षेत्र में 'नेटवर्क तकनीक' के लिए ICL का 1900 पर्ट पैकेज दिनोंदिन अधिकाधिक निर्माताओं द्वारा काम में लाया जा रहा है। यह उत्पादन संयन्त्रों जैसे रासायनिक खाद संयन्त्र, अमोनिया संयन्त्र, ताप विद्युत् संयन्त्र आदि के नियन्त्रण और परिचालन के लिए काफ़ी उपयोगी सिद्ध हुआ है।

इस संस्थान का लक्ष्य कॅम्प्यूटर-निर्माण के क्षेत्र में पूर्ण आत्मनिर्भरता प्राप्त करना है। इसके द्वारा निर्मित तृतीय पीढ़ी के कॅम्प्यूटरों में 50 प्रतिशत से भी अधिक स्थानीय अवयव हैं।

ICL भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लिमिटेड (BEL) बैंगलोर के सहयोग से 1901 नामक कॅम्प्यूटर श्रृंखला का निर्माण कर रही है। इसमें भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लि. की स्थिति एक उप-ठेकेदार की भाँति होगी अर्थात्

इस निकाय को विक्रय सम्बन्धी BEL की कोई भी ज़िम्मेदारी नहीं होगी। इसमें पृष्ठ आवरण वायरिंग, मुख्य ढाँचे का संकलन और अन्तिम परीक्षण BEL का स्वनिर्मित योगदान होगा।

किसी भी कॅम्प्यूटर की बहुउद्देशीय उपयोगिता उसके साथ उपलब्ध 'सॉफ़्ट वेयर' की बहुक्षेत्रीयता के समानुपाती होती है। पिछली दशाब्दी में विकसित देशों में सॉफ़्ट वेयर की सूक्ष्मता और जटिलता इतनी अधिक बढ़ गयी है कि हार्ड वेयर और सॉफ़्ट वेयर की क़ीमत का अनुपात 30 : 70 होता है।

वैज्ञानिकों, इंजिनीयरों एवं व्यवस्था विशेषज्ञों के उपादेय कार्यक्षेत्र के रूप में 'सॉफ़्ट वेयर' विकास के क्षेत्र में अत्यधिक सम्भावनाएँ हैं। इसकी मुख्य विशेषता यह है कि इस कार्य को विभिन्न संस्थानों में विभाजित किया जा सकता है। सॉफ़्ट वेयर विकास में ऊपरी खर्च बहुत कम होने के कारण इसे लघु उद्योग इकाइयाँ भी कर सकती हैं।

पर इसके लिए विदेशों में उपलब्ध विभिन्न प्रकार के पेरिफ़ेरियल उपकरणों में से अपनी आवश्यकताओं के लिए सर्वाधिक उपयोगी उपकरणों का चुनाव एवं मानकीकरण अत्यावश्यक है।

भारत के कॅम्प्यूटर-केन्द्र

भारत में स्थापित प्रथम डिजिटल कॅम्प्यूटर के बारे में दो मत हैं—एक सन्दर्भ के अनुसार यह ब्रिटेन निर्मित HEC–2 है और यह 1956 में भारतीय सांख्यिकी संस्थान (ISI) कलकत्ता में लगाया गया था। दूसरे सन्दर्भ के अनुसार यह रूस निर्मित URAL था और 1950 से

1960 के दशक में भारतीय सांख्यिकी संस्थान कलकत्ता में लगाया गया था।

भारत में स्थापित पहला डिजिटल कॅम्प्यूटर जो भी रहा हो, इसमें कोई मतभेद नहीं कि वैज्ञानिकों एवं इंजिनीयरों को अनुसन्धान के दौरान आनेवाली जटिल गणनाओं को हल करने के लिए कॅम्प्यूटर उपलब्ध कराने का श्रेय बम्बई स्थित टाटा आधारभूत अनुसन्धान संस्थान को प्राप्त है। यह कॅम्प्यूटर 1963-64 में लगाया गया था।

भारत में कॅम्प्यूटर का व्यापारिक उपयोग सर्वप्रथम ESSO द्वारा 1961 में बम्बई में किया गया। अन्य तेल कम्पनियों—बर्मा-शेल और कालटेक्स ने 1966-67 में कॅम्प्यूटर का उपयोग प्रारम्भ किया।

आजकल भारत में क़रीब 233 कॅम्प्यूटर कार्यरत हैं। कॅम्प्यूटरों की उपादेयता का ज्ञान बढ़ने के साथ-साथ इनके उपयोग के और अधिक बढ़ने की सम्भावना है।

भारत में स्थापित कॅम्प्यूटरों में सबसे अधिक कॅम्प्यूटर IBM द्वारा निर्मित हैं। इसके पश्चात् उतरते क्रम में ICL, ECIL एवं Honey-well का नाम आता है। DEC (डिजिटल इक्विपमेण्ट कॉरपोरेशन) भी कुछ कॅम्प्यूटर स्थापित कर चुका है।

भारत में स्थापित रूस निर्मित प्रथम बड़ा कॅम्प्यूटर भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र स्थित BESM–6 है। रूस ने भारतीय तकनीकी संस्थान, बम्बई में भी एक R-1030 कॅम्प्यूटर निकाय लगाया है। हो सकता है, रूस निकट भविष्य में R-1030 या अन्य प्रकार के कुछ कॅम्प्यूटर निकाय और लगाये।

तालिका 1 : में भारत में कार्यरत कॅम्प्यूटर निकायों के निर्माता, मॉडल-नम्बर, स्थापित इकाइयों की संख्या, स्थापन-स्थल आदि सम्बन्धी जानकारी दी गयी है। इस तालिका में कॅम्प्यूटरों को उनकी केन्द्रीय गणन इकाई और निम्नतम आवश्यक पेरिफ़ेरियल उपकरणों की लागत के आधार पर वर्गीकृत किया गया है।

वृहत् कॅम्प्यूटर	1 करोड़ से 2 करोड़ रुपये
मध्यम कॅम्प्यूटर	25 लाख से 50 लाख रुपये
लघु कॅम्प्यूटर	10 लाख से 25 लाख रुपये

तालिका 2 : में विभिन्न राज्यों में स्थित विभिन्न आकार के कॅम्प्यूटरों की संख्या दिखायीं गयी है।

तालिका 1 : भारत में स्थापित डिजिटल कॅम्प्यूटर

(अ) बृहत् आकार के कॅम्प्यूटर

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन स्थल	राज्य
CDC	3600–160A	1	टाटा आधारभूत अनुसन्धान संस्थान–बम्बई	महाराष्ट्र
SAM (रूस)	BESM–6	1	भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र–बम्बई	महाराष्ट्र
IBM	370/155	1	भारतीय तकनीकी संस्थान–मद्रास	तमिलनाडु
IBM	7044	1	भारतीय तकनीकी संस्थान–कानपुर	उत्तर प्रदेश
DEC	DEC–10	1	टाटा आधारभूत अनुसन्धान केन्द्र–बम्बई	महाराष्ट्र

(ब) मध्यम आकार के कॅम्प्यूटर

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन स्थल	राज्य
IBM	360/30	1	सिग्नल इण्टेलीजेंस–देहली	देहली
IBM	360/44	5	देहली विश्वविद्यालय, भारतीय मौसम विज्ञान विभाग	देहली
			फ़िज़िकल रिसर्च लेबोरेटरी, स्पेस सेटेलाईट ट्रेकिंग स्टेशन;	गुजरात
			भारतीय विज्ञान संस्थान–बंगलौर	कर्नाटक

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन स्थल	राज्य
ICL	1901	1	आसाम ऑइल कं.	आसाम
ICL	1904	2	भारतीय थल सेना	देहली
			जीवन बीमा निगम	पश्चिम बंगाल
ICL	1909	1	भारतीय तकनीकी संस्थान–देहली	देहली
ICL	1901A	9	इण्टरनेशनल कॅम्प्यूटर्स, इण्डियन मेन्युफ़ॅक्चरिंग लि., हिन्दुस्तान एयरोनॉटिक्स लि.;	कर्नाटक
			किर्लोस्कर ऑयल एंजिन्स, नेवल डॉकयार्ड, महाराष्ट्र रोडवेज, गोदरेज बॉयसी, मफतलाल सर्विसेज;	महाराष्ट्र
			KCP मद्रास	तमिलनाडु
ICL	1903	4	हिन्दुस्तान मशीन टूल्स	कर्नाटक
			TCS, NCL नेशनल केमिकल लेबोरेटरी;	महाराष्ट्र
			कलकत्ता इलेक्ट्रिक सप्लाई कॉरपोरेशन	पश्चिम बंगाल
ICL	19·2	1	किर्लोस्कर	महाराष्ट्र

(स) लघु आकार के कॅम्प्यूटर

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन स्थल	राज्य
IBM	1401	104	उत्तर-पूर्व रेलवे, उत्तर-पूर्व सीमावर्ती रेलवे	आसाम
			हिन्दुस्तान स्टील, इण्डियन कॉपर कॉरपोरेशन, टाटा इलेक्ट्रिक एण्ड लोकोमोटिव कम्पनी (3), टाटा आयरन एण्ड स्टील कम्पनी (२)	बिहार
			उत्तर रेलवे, क्षेत्रिय जनगणना, रेलवे बोर्ड, IAC (2) IBM सर्विस ब्यूरो (2); देहली क्लॉथ मिल्स (2), बेल्लारपुर पेपर मिल्स, एस्कार्टस्	देहली
			दक्षिण-मध्य रेलवे, इलेक्ट्रॉनिक्स कारपोरेशन ऑफ़ इण्डिया लि., हिन्दु. एयरोनॉटिक्स लि., निज़ाम शुगर मिल्स, हिन्द शिपयार्ड, भारत हैवी प्लेट्स एण्ड वेसल्स	आन्ध्र प्रदेश
			अहमदाबाद विद्युत वितरण निगम, इलाक-साराभाई ऑपरेशनल रिसर्च, अतुल प्राडक्ट्स, FCL , FACT , केलिको	गुजरात

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन-स्थल	राज्य
			हिन्दुस्तान स्टील	मध्यप्रदेश
			इण्डियन टेलीफ़ोन इण्डस्ट्रीज़, भारत अर्थ मूवर्स, MICO , राष्ट्रीय–टी. वी. संस्थान, Bur. Eco, Station.	कर्नाटक
			बिसरा स्टोन एण्ड लाइम वर्क्स, हिन्दुस्तान स्टील लि.	उड़ीसा
			मध्य रेलवे, पश्चिम रेलवे, स्टेट बैंक ऑफ़ इण्डिया, भारतीय खाद निगम, जीवन बीमा निगम, कालटेक्स, ऐस्सो, प्रिमियर ऑटो, टाटा कंसलटेंसी सर्विस (2), ऐसोसिएटेड सीमेण्ट कम्पनी (2), ग्लेक्सो, बाम्बे डाइंग, गुडलेस नेरोलक, जॉन्सन एण्ड जॉन्सन, बॉम्बे सबर्ब इलेक्ट्रिक सप्लाई कं. (2), फिलिप्स (5), IBM सर्विस ब्यूरो (2), IBM प्लाण्ट, खटाऊ, इलाक, लारसन एण्ड टुब्रो, कालगेट पॉमऑलिव, GKW, मोरारजी गोकुलदास स्पिनिंनिग एण्ड	

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन-स्थल	राज्य
			वीविंग कम्पनी, एम्पायर डाइंग, नेशनल मशीनरी मेन्युफ़ैक्चरर्स, API, टाटा इलेक्ट्रिक कम्पनी, इण्डियन अल्युमिनियम कम्पनी, डॉ. बेक	महाराष्ट्र
			इण्टीग्रल कोच फ़ैक्टरी, IBM डॉटा सेण्टर, ट्यूब इनवेस्ट ऑफ़ इण्डिया लि., वेस्ट एण्ड कम्पनी, HTI साइकल्स	तमिलनाडु
IBM	1401		पूर्व रेलवे, दक्षिण-पूर्व रेलवे, ज्वाइण्ट प्लाण्ट कमेटी, DGDF, बाटा, हिन्दुस्तान स्टील लि., डनलप (2), हिन्दुस्तान मोटर्स, उत्तरपारा, यूनियन कार्बाइड, इण्डियन एक्सप्लोज़िव्स्, IBM सर्विस ब्यूरो, न्यू सेण्ट्रल जूट मिल्स,	पश्चिम बंगाल
			उत्तर-पूर्वी रेलवे, भारतीय तकनीकी संस्थान—कानपुर, कन्ट्रोलर ऑव डिफ़ेन्स एकाउण्ट्स, केन्द्रीय भवन अनुसन्धान-संस्थान-रुड़की, डिजल इंजन कारखाना, मार्टिनवर्न	उत्तर प्रदेश

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन-स्थल	राज्य
IBM	1620	17	देहली विश्वविद्यालय, PED , भारतीय-कृषि अनुसन्धान सांख्यिकी संस्थान	देहली
			रिजनल रिसर्च लैब, डिफ़ेन्स रिसर्च एण्ड डवलपमेण्ट लैब	आन्ध्र प्रदेश
			फ़िज़िकल रिसर्च लैब, स्पेस सेटेलाइट ट्रेंकिंग सेण्टर, गुजरात विश्वविद्यालय, सरदार पटेल विश्वविद्यालय, अहमदाबाद-टेक्सटाईल इण्डस्ट्रियल रिसर्च ऐसोसिएशन	गुजरात
			पंजाब विश्वविद्यालय—गणित विभाग	पंजाब
			इंजिनीयरिंग कॉलिज—गुईण्डी	तमिलनाडु
			बम्बई विश्वविद्यालय, उष्णकटिबन्धीय मौसम विज्ञान संस्थान	महाराष्ट्र
			CMERI , भारतीय तकनीकी संस्थान-खड़गपुर	पश्चिम बंगाल
			भारतीय तकनीकी संस्थान-कानपुर	उत्तर प्रदेश
IBM	1130	9	देहली विश्वविद्यालय	देहली
			आन्ध्र विश्वविद्यालय	आन्ध्र प्रदेश

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन स्थल	राज्य
			भारतीय विज्ञान संस्थान	कर्नाटक
			बायोफ़िजिक्स विभाग—मद्रास विश्वविद्यालय	तमिलनाडु
IBM	1130		सेण्ट्रल इलेक्ट्रॉनिक्स इंजिनीयरिंग इंस्टीट्यूट—पिलानी	राजस्थान
			अलीगढ़ मुस्लिम विश्वविद्यालय	उत्तर प्रदेश
			कलकत्ता विश्वविद्यालय, कुलजीयन कॉरपोरेशन	पश्चिम बंगाल
			उत्कल विश्वविद्यालय	उड़ीसा
IBM	1440	2	चित्तरंजन रेल इंजन कारखाना, हिन्दुस्तान स्टील लि.	पश्चिम बंगाल
IBM	1460	2	एयर इण्डिया, बर्मा शेल	महाराष्ट्र
IBM	1410	1	जीवन बीमा निगम	महाराष्ट्र
IBM	1441	1	इण्डियन टेलीफ़ोन इण्डस्ट्रीज़	कर्नाटक
IBM	1620	1	भारतीय तकनीकी संस्थान-कानपुर	उत्तर प्रदेश
ICL	1300	10	एस. भारत मिल्स	देहली
			ब्यूरो ऑव इकॉनामिक स्टेटिस्टिक्स, एलम्बिक केमिकल वर्क्स	गुजरात
			बिन्नी लि., बंगलोर वूलेन मिल्स, सी. एस. एम. कम्पनी	कर्नाटक

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन स्थल	राज्य
			बी. ऐण्ड सी. मिल्स	तमिलनाडु
			गोदरेज, फिनले	महाराष्ट्र
			इण्डियन आक्सीजन	पश्चिम बंगाल
ICL	Sirius	1	नेशनल एयरोनॉटिक्स लि.	कर्नाटक
ICL	1202	1	बर्न एण्ड कम्पनी	पश्चिम बंगाल
Honeywell	H–400	10	केन्द्रीय सांख्यिकी संस्था कॅम्प्यूटर केन्द्र (3); ज्वाइण्ट सिफर ब्यूरो	देहली
			हिन्दुस्तान एयरोनॉटिक्स लि.,	कर्नाटक
			आर्मी अनुसन्धान एवं विकास स्टेब्लिसमेण्ट, रिज़र्व बैंक ऑव इण्डिया, भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र	महाराष्ट्र
			तेल एवं प्राकृतिक गैस आयोग	उत्तर प्रदेश
			भारतीय सांख्यिकी संस्थान	पश्चिम बंगाल
DEC	PDP–1	1	भारतीय तकनीकी संस्थान–कानपुर	उत्तर प्रदेश
	PDP–8E	1	भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र	महाराष्ट्र

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन-स्थल	राज्य
	PDP–8L	1	रिजनल इंजिनीयरिंग कॉलेज–वारंगल	आन्ध्र प्रदेश
	PDP–14/20	1	टाटा आधारभूत अनुसन्धान संस्थान	महाराष्ट्र
	PDP–11/40	1	I. S. S. P.	कर्नाटक
	PDP–11/45	1	टाटा आधारभूत अनुसन्धान संस्थान	महाराष्ट्र
HP	2000 A	1	इण्डियन इंस्टीट्यूट ऑव मेनेजमेण्ट	गुजरात
	2001 A	1+1=2	किर्लोस्कर इलेक्ट्रिक	कर्नाटक
			भारतीय तकनीकी संस्थान–बम्बई	महाराष्ट्र
	5451 A	1	एयरोनॉटिकल विकास स्टेब्लिसमेण्ट	कर्नाटक
Elliot	803	1	T. R. C.	देहली
	803 B	1	हिन्दुस्तान एयरोनॉटिक्स लि.	कर्नाटक
	920	1	L. R. D. E. इलेक्ट्रॉनिक्स एण्ड रेडार विकास स्टेब्लिसमेण्ट	कर्नाटक
USSR	MINSK–II	2	थुम्बा भूमध्यरेखीय रॉकेट प्रक्षेपण स्टेशन	केरल
			भारतीय तकनीकी संस्थान–बम्बई	महाराष्ट्र

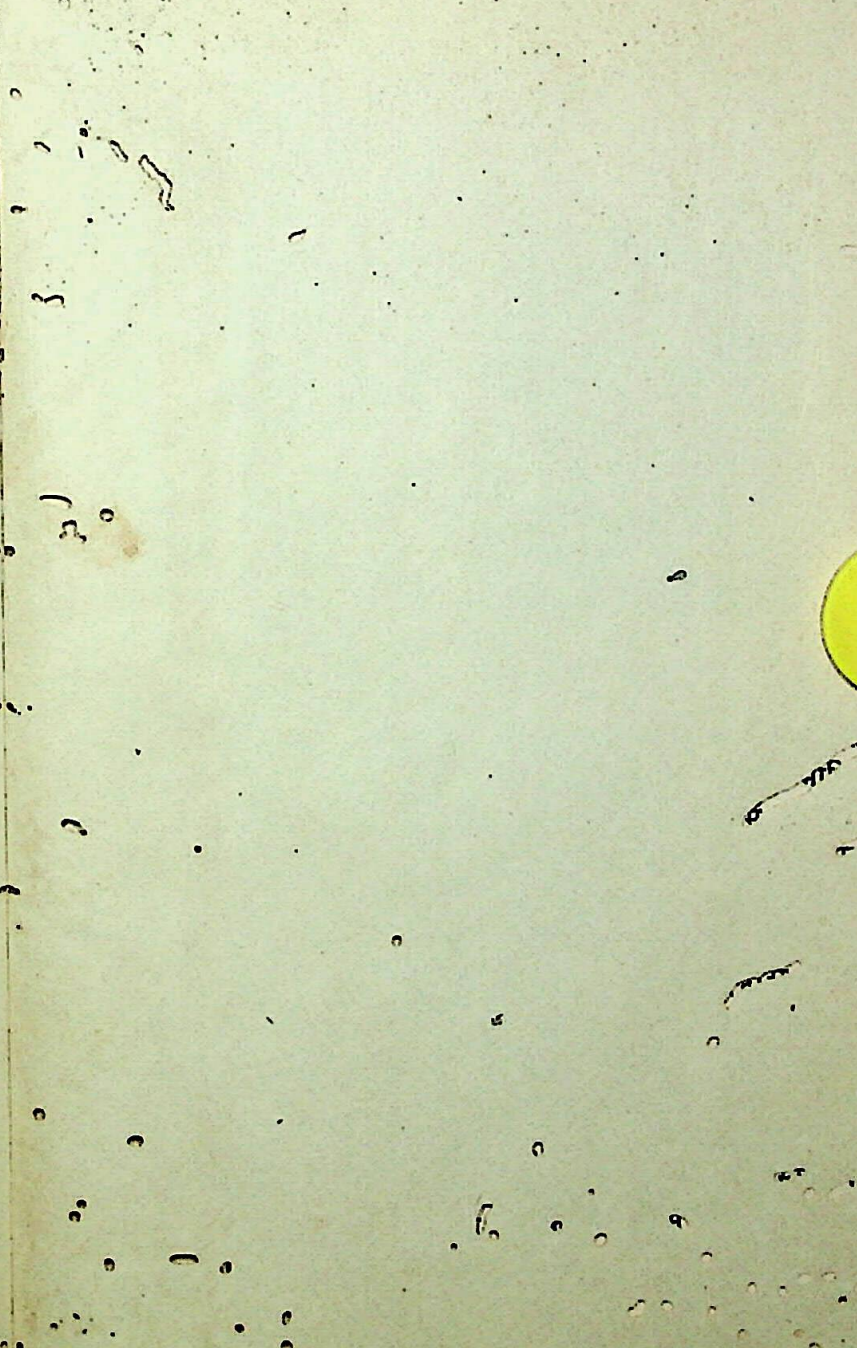
निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन-स्थल	राज्य
Varian	620/I	1	रेडियो वेधशाला—टाटा आधारभूत अनुसन्धान केन्द्र	तमिलनाडु
Texas Instr.	960/A	1	भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र	महाराष्ट्र

(द) भारत में विकसित एवं निर्मित कॅम्प्यूटर : (आकार लघु)

ISI&JU	ISIJU	1	जादवपुर विश्वविद्यालय	पश्चिम बंगाल
TIFR	OLDAP	1	टाटा आधारभूत अनुसन्धान संस्थान	महाराष्ट्र
ECIL	TDC–12	18	इलेक्ट्रॉनिक्स कॉरपोरेशन ऑफ़ इण्डिया लि. (4)	
			उस्मानिया विश्वविद्यालय,	आन्ध्रप्रदेश
			गुजरात स्टेट फ़र्टिलाइजर कॉरपोरेशन	गुजरात
			कुरुक्षेत्र विश्वविद्यालय	हरियाणा
			स्पेस सेटेलाईट ट्रॅकिंग सेण्टर	केरल
			भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र	महाराष्ट्र
			जोधपुर विश्वविद्यालय	राजस्थान
			I. I. A. कोडाईकनाल	तमिलनाडु

निर्माता	मॉडल नम्बर	स्थापित इकाइयों की संख्या	स्थापन-स्थल	राज्य
			पन्त विश्वविद्यालय—पन्तनगर, बनारस हिन्दू विश्वविद्यालय	उत्तरप्रदेश
			सिसमिक ऐरे स्टेशन, कोलार-स्वर्ण खदान, CTRE स्पेस सेटेलाईट ट्रेकिंग सेण्टर, कर्नाटक विश्वविद्यालय	कर्नाटक
ECIL	TDC–16	2	रिएक्टर अनुसन्धान केन्द्र–कलाप्पकम् (2); (निकट भविष्य में लगाया जायेगा)	तमिलनाडु

तालिका २ : भारत में डिजिटल कॅम्प्यूटर

राज्य	बृहत्	मध्यम	लघु	कुल
महाराष्ट्र	3	9	56	68
कर्नाटक	—	5	22	27
देहली	—	5	21	26
पश्चिम बंगाल	—	2	24	26
गुजरात	—	2	16	18
आन्ध्र प्रदेश	—	—	15	15
तमिलनाडु	1	1	12	14
उत्तर प्रदेश	1	—	13	14
बिहार	—	—	7	7
आसाम	—	1	2	3
उड़ीसा	—	—	3	3
राजस्थान	—	—	2	2
केरल	—	—	2	2
पंजाब	—	—	1	1
मध्यप्रदेश	—	—	1	1
हरियाणा	—	—	1	1

लेखक

अलीगढ़ विश्वविद्यालय से १९६७ में बी. एस-सी
और दो वर्ष बाद सैद्धान्तिक न्यूक्लीय भौति
में एम. एस-सी.; सम्पादन-लेखन में प्रारम्भ
ही विशेष रुचि; 'लेसर किरणों का उत्पाद
और उपयोग' शीर्षक रचना पर भारत सरका
द्वारा और 'आइए कॅम्प्यूटिंग सीखें' पर वैज्ञानि
एवं औद्योगिक अनुसन्धान परिषद् द्वारा पुरस्कृ
अन्यान्य रचनाओं पर भी पुरस्कृत-सम्मानि
भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र बम्बई
'संयुग्मित चैनल गणनाओं द्वारा न्यूक्ली
संरचना' पर कुछ काल तक अनुसन्धान का
सम्प्रति टेक्सस विश्वविद्यालय ऑस्टिन, अ
रिका में भौतिकी विभाग में शोधकर्ता।

भारतीय ज्ञानपीठ

उद्देश्य

ज्ञान की विलुप्त, अनुपलब्ध
और अप्रकाशित सामग्री का
अनुसन्धान और प्रकाशन
तथा लोक - हितकारी
मौलिक-साहित्य का निर्माण

●

संस्थापक
श्री शान्तिप्रसाद जैन

अध्यक्षा
श्रीमती रमा जैन

●

मुद्रक : सन्मति मुद्रणालय, दुर्गाकुण्ड मार्ग, वाराणसी-२, २[illegible] ,[illegible]०५ ।